MINÉRALOGIE

GÉOLOGIE

ET

BOTANIQUE

190

ÉLÉMENTS

DE

MINÉRALOGIE

DE

GÉOLOGIE

ET DE

BOTANIQUE

PAR

Mgr J.-C. K.-LAFLAMME

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ LAVAL

Bibliothèque,
Le Séminaire de Québec
3, rue de l'Université,
Québec 4, QUE.

QUÉBEC
IMPRIMERIE DE L.-J. DEMERS & FRÈRE
30, rue de la Fabrique, 30

1898

Quum ex Seminarii prescripto recognitum fuerit opus cui titulus est: "ELÉMENTS DE MINÉRALOGIE, DE GÉOLOGIE ET DE BOTANIQUE, *par Mgr J.-C. K.-Laflamme,*" nihil obstat quin typis mandetur.

THOS-S. HAMEL, A. M.,
Sec. Cons. S. Q.

Quebeci, 4 novembris, A. D. 1898.

BIBLIOTHÈQUE
S.M.E.
1964
Séminaire de Québec

PRÉFACE DE LA TROISIÈME ÉDITION

Cette édition n'est pas une simple répétition de celles qui l'ont précédée. La rédaction primitive a subi des modifications considérables. Quelques chapitres même ont été complètement refaits à neuf.

Nous avons tenu tout d'abord à raccourcir certaines parties, et à compléter, en les corrigeant, un bon nombre de points de détail, de manière à mettre ce modeste compendium au courant des dernières conquêtes de la science.

Ces changements affectent surtout la minéralogie descriptive, dont nous avons retranché la description de plusieurs espèces, la géologie

historique, l'organographie et la physiologie végétale. Nous avons cru qu'il valait mieux abréger, enlever même, lorsque cela était possible, ces descriptions arides, dont les élèves ne tirent le plus souvent aucun profit réel. Notre expérience de l'enseignement des sciences naturelles, déjà vieille de près de trente ans, nous a fait voir que le but principal à atteindre sur ce point, ne doit pas être de charger la mémoire avec des nomenclatures interminables, mais bien d'habituer les esprits à la réflexion et à l'observation raisonnée de ce que l'on peut voir tous les jours.

Voilà pourquoi nous croyons que, dans la pratique de l'enseignement, des questions judicieuses, souvent répétées aux élèves pendant les leçons, doivent contribuer, dans une large mesure, à faciliter l'étude sérieuse des sciences et à la rendre plus profitable. C'est, croyons-nous, le meilleur moyen de forcer l'élève à sortir du mot à mot de son manuel et à observer pour son compte.

On remarquera à ce propos que nous avons tenu à choisir nos exemples dans le Canada, et tout spécialement dans la province de Québec. Les élèves pourront ainsi se convaincre que notre pays offre à l'observation scientifique un champ aussi riche et aussi varié que celui qu'on rencontre ailleurs.

Si nous avions réussi par là à rendre moins aride l'étude des éléments de ces sciences naturelles, si intéressantes en elles-mêmes, nous aurions obtenu la plus belle récompense que nous puissions désirer.

J.-C. K.-LAFLAMME.

MINÉRALOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

La Minéralogie est cette partie des sciences naturelles qui traite des minéraux.

La croûte terrestre nous offre une grande variété de substances minérales. C'est là qu'on trouve tous les *éléments* de la chimie, quelquefois isolés, mais le plus souvent combinés ou mélangés en proportions variables. Etudier les propriétés de ces substances, déterminer celles qui, grâce à des caractères invariables, constituent des groupes parfaitement distincts, décrire avec soin les espèces minérales, donner les moyens de les distinguer les uns des autres, enfin faire connaître leur mode de gisement, voilà le but général de la minéralogie.

Dans cette partie des sciences naturelles, nous n'avons donc pas à étudier l'origine de la croûte terrestre, pas

plus que les modifications qu'elle a subies depuis le commencement de son existence. Cette étude est du domaine de la Géologie, et bien que cette dernière puisse être regardée comme une division de la Minéralogie, on est convenu d'en faire un département complètement distinct, une science à part.

Avant de commencer cette étude des minéraux, il convient de définir ce qu'on entend par minéral.

Il est difficile de donner d'un *minéral* autre chose qu'une définition de mot. Nous entendrons donc, dans cet ouvrage, par *minéral :* tout corps à la formation duquel les forces vitales n'ont participé en aucune sorte, ou qui, bien que formé sous l'influence de la vie, a été profondément modifié dans sa constitution par l'action des agents physiques ou chimiques. Cette définition établit la différence qu'il y a entre un minéral et les êtres organisés, entre un minéral et les produits chimiques. Elle a de plus assez d'extension pour comprendre les houilles, les lignites, les gommes fossiles et autres substances d'origine organique trouvées dans le sein de la terre.

Contrairement aux êtres vivants, les minéraux, comme les composés chimiques artificiels, sont homogènes dans toute leur masse, et gardent toujours les mêmes caractères quels que soient leur volume, leur forme, leur âge, etc. D'autre part, les minéraux ont de telles analogies avec les substances que l'on prépare dans les laboratoires, que la distinction qu'on établit entre ces deux genres de corps est tout à fait arbitraire. Le carbonate de chaux, par exemple, préparé artificiellement, ne présente pas la plus légère différence avec le carbonate de

chaux qu'on rencontre partout dans la nature. Il n'y a donc pas de raisons sérieuses pour que, dans la classification systématique des êtres bruts, on mette d'un côté les composés que nous fournit l'écorce du globe, et de l'autre les produits des laboratoires, vu que la même substance se trouve absolument identique de chaque côté de cette ligne de démarcation.

DIVISIONS

Entre les différentes manières de diviser la Minéralogie, nous adopterons celle de E. Dana ; en conséquence, nous diviserons la Minéralogie en trois parties.

1° La *Minéralogie physique*, qui comprend l'étude de la structure, de la forme et des autres propriétés physiques des minéraux, qui servent à la classification et à la distinction des espèces.

2° La *Minéralogie chimique*, ou l'étude des minéraux considérés comme composés chimiques.

3° La *Minéralogie descriptive*, qui comprend les principes de la classification minéralogique, la description des espèces et des variétés.

A ces trois parties nous pourrions en joindre une quatrième qui serait la Minéralogie économique. Elle s'occuperait de l'utilité qu'on peut retirer des minéraux, soit dans la métallurgie, soit dans les arts industriels en général. Nous la laisserons de côté. Mais pour y suppléer, nous indiquerons brièvement dans la description que nous donnerons des différentes espèces, les principaux usages de chacune d'elles.

CHAPITRE PREMIER

MINÉRALOGIE PHYSIQUE

ARTICLE PREMIER

Formes des minéraux et lois cristallographiques

Les corps, quels qu'ils soient, sont regardés comme composés de parcelles très petites, distinctes les unes des autres et appelées molécules. Cette hypothèse explicative est encore poussée plus loin, et les physiciens supposent que les molécules elles-mêmes ne sont que des aggrégations de particules plus petites appelées atomes, lesquels seraient les éléments constitutifs, des corps.

On admet encore que les molécules matérielles, pour une même substance, ont des formes invariables. Et comme, en se groupant, elles n'obéissent qu'aux lois de l'attraction moléculaire, il est naturel de croire que le groupement se fera souvent avec régularité, surtout s'il est le résultat d'actions peu énergiques, se continuant pendant longtemps. Rien de surprenant alors si nous trouvons d'abord des minéraux à structure capillaire comme l'Asbeste, le Gypse fibreux, qui nous montrent l'existence de files moléculaires, première phase du

groupement des éléments des corps. Puis, dans le Mica, le Talc, nous trouverons des feuillets séparables les uns des autres et témoignant à leur tour, de l'existence de lames, résultat du groupement régulier des files moléculaires. Dans d'autres minéraux, comme le Sel-Gemme, ces files ou ces lames sembleront ne pas exister, mais la présence de certains plans de facile rupture, parfaitement définis, nous prouvera encore que le minéral a une structure intérieure régulière. Il en est ainsi pour tous les minéraux, à quelques rares exceptions près.

Ces considérations générales sur la structure élémentaire des minéraux nous font prévoir que très souvent ceux-ci devront avoir des formes extérieures régulières. C'est aussi ce qui a lieu, et ces formes ont reçu le nom de formes cristallines.

Cristaux.—*Les cristaux sont des solides à forme géométrique régulière, susceptibles de détermination rigoureuse.* L'étude de ces formes porte le nom de cristallographie. Ces polyèdres sont limités par des faces plus ou moins développées et par des angles dièdres, solides et plans, invariables.

Le volume des cristaux varie à l'infini. On en voit de toutes les dimensions depuis les cristaux microscopiques jusqu'aux énormes cristaux, pesant plus de 200 livres, que l'on a trouvés dans les gisements d'Apatite, près d'Ottawa.

Axes.—Pour faciliter l'étude de ces formes, on suppose à leur intérieur l'existence de certaines lignes ayant chacune une position déterminée et appelée *axes* de cristallisation. *Un axe est une ligne passant par*

le centre du cristal et autour de laquelle les faces cristallines sont disposées avec symétrie. On le définit encore quelquefois : *toute ligne passant par le centre du cristal et aboutissant au milieu de deux faces opposées, de deux arêtes opposées ou à deux pointe-*

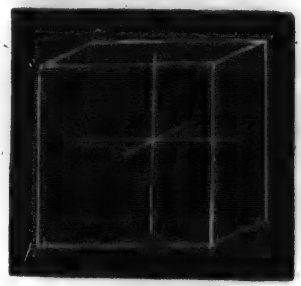


Fig. 1.

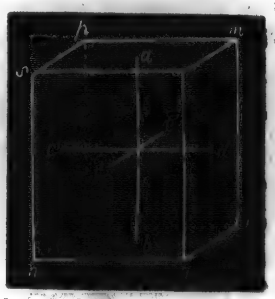


Fig. 2.

ments opposés. Les lignes *ab, cd, ef* (fig. 1), sont des axes. Il en serait de même des directions *mn, pr, st,* qui joindraient deux pointements opposés.

Dans l'exemple que nous venons de citer, les axes sont tous égaux. Dans certains cas un de ces axes se distingue par des propriétés spéciales, tantôt par une longueur différente des autres, tantôt par certaines propriétés optiques ; on l'appelle pour cela *axe principal.* Tel est dans la fig. 2, prisme droit à base carrée, l'axe *ab* qui joint le milieu des deux bases opposées et qui peut être ou plus court ou plus long que les deux axes *cd* et *ef*, joignant le milieu des faces latérales opposées.

Fig. 1.—Cube avec axes cristallographiques.
Fig. 2.—Prisme carré droit, *ab* est l'axe principal.

Cristallogénie.—Pour qu'un corps puisse prendre la forme cristalline, il faut que ses molécules se réunissent lentement de manière à constituer des groupements parfaitement réguliers, ce qui ne peut se faire que lorsque les corps passent de l'état gazeux ou liquide à l'état solide. Or la solidification peut être le résultat de l'évaporation d'une dissolution, du refroidissement d'une substance fondue ou enfin de la condensation d'une vapeur. De là trois modes de cristallisation.

Lorsqu'une dissolution est soumise à l'évaporation, elle se concentre peu à peu, elle devient sursaturée et la substance dissoute se solidifie en cristaux d'autant plus beaux, d'autant plus réguliers, que l'évaporation a été plus lente.

Par la fusion, les molécules d'un corps sont éloignées les unes des autres et lorsque ce corps se refroidit, elles se rapprochent graduellement pour se grouper en cristaux. Ici encore la beauté, la perfection des cristaux dépend de la lenteur du refroidissement. Si le liquide se solidifie rapidement, les cristaux sont petits, mal définis, si au contraire le liquide ne se refroidit que lentement, on peut avoir de belles cristallisations.

Enfin dans certains cas une vapeur passe directement à l'état solide, sans se liquéfier. Elle peut alors former de beaux cristaux. C'est ainsi que l'iode et le soufre se subliment et cristallisent avec une grande facilité.

Tels sont, sans doute, les procédés qui, dans l'écorce terrestre, ont présidé simultanément ou séparément à la formation des cristaux naturels.

Détermination des formes cristallines. — Si les cristaux étaient toujours réguliers, on pourrait détermi-

ner facilement leurs formes géométriques en mesurant leurs faces terminales ou de la longueur de leurs axes. Mais les cristaux parfaits ne se rencontrent jamais ou presque jamais. Le minéralogiste est donc forcé d'avoir recours à d'autres données, et le caractère qui lui sert presque exclusivement est la valeur des angles dièdres.

Ces angles sont constants pour une même espèce minérale et une même forme cristalline. Cette loi remarquable, trouvée par Romé de Lisle, a été légèrement modifiée par Mitscherlich qui l'a ainsi énoncée : "*Pour les cristaux de même espèce et de même forme extérieure, les angles dièdres sont constants, si on les mesure à la même température*". Cette dernière condition a été ajoutée parce qu'on a observé que certains cristaux se dilataient ou se contractaient inégalement en différents sens, ce qui causait une variation dans la valeur des angles dièdres. Toutefois cette variation est tellement faible qu'elle peut être négligée sans inconvénient pour des mesures faites aux températures ordinaires. Entre 0° et 100° elle ne dépasse pas 10′ à 12′.

Une autre circonstance fait encore varier la valeur des angles dièdres ; c'est le mélange d'isomorphes. Plusieurs substances ont même forme cristalline, et cette similitude s'étend presque jusqu'à la valeur des angles. Ainsi le carbonate de chaux et le carbonate de magnésie cristallisent en rhomboèdres, dont un angle dièdre égale 105° 5′ pour le carbonate de chaux et 107° 25′ pour le carbonate de magnésie. Les substances qui présentent cette particularité sont dites isomorphes. Or, on a remarqué que les minéraux isomorphes pouvaient se substituer les uns aux autres dans la forma-

BIBLIOTHÈQUE
S.M.E.
1964
Séminaire de Québec

tion d'un cristal et cela en toute proportion. Il suit de là que le cristal résultant d'un semblable mélange aura des angles de valeur intermédiaire entre les angles de chacune des substances composantes. On a même constaté qu'il y avait une relation entre la valeur des angles d'un semblable cristal et la quantité relative des isomorphes qui entrent dans sa composition; de telle façon qu'on trouve là un mode d'analyse approximative auquel on pourrait recourir dans certains cas.

Mesure des angles dièdres. — Nous venons de voir que les formes cristallines se déterminent géométriquement par la mesure des angles dièdres, il est donc très important de trouver la valeur exacte de ces angles. Les instruments qui permettent de faire cette mesure sont appelés *goniomètres*. Ils sont de deux sortes : les goniomètres par application et les goniomètres par réflexion.

Goniomètre par application.—Le goniomètre par application (fig. 3), se compose essentiellement de deux alidades, AB et A*b*, mobiles autour d'un axe que l'on peut faire glisser dans une rainure commune à chacune d'elles.

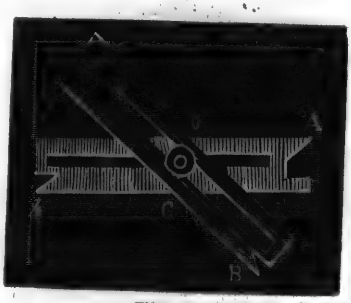


Fig. 3.

On applique ces alidades sur l'angle à mesurer, de telle sorte que le plan du goniomètre soit rigoureusement perpendiculaire à l'arête de cet angle. On

Fig. 3.—Goniomètre par application.

serre fortement la vis de pression C, de manière à immobiliser les alidades l'une par rapport à l'autre. Il suffit alors d'appliquer le goniomètre sur un rapporteur ordinaire (fig. 4), pour connaître la valeur de l'angle.

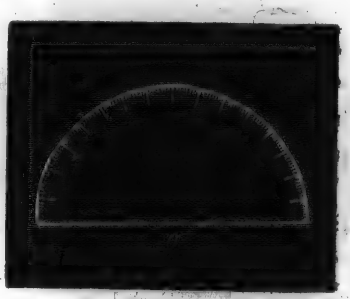


Fig. 4.

Les mesures faites au goniomètre par application sont loin d'être exactes. " Tout ici, dit Beudant, se fait par des tâtonnements qui sont d'autant plus difficiles que l'on est obligé de tenir le cristal d'une main, l'instrument de l'autre, et d'en porter l'ensemble devant l'œil, pour observer au jour, ce qui est fort gênant et produit des vacillements continuels, dont on ne s'aperçoit même pas. Quelque habitude que l'on ait, rien ne peut assurer que les alidades ont été placées rigoureusement perpendiculaires à l'arête de jonction des deux faces dont on veut déterminer l'inclinaison, ni assez bien appliquées sur ces faces, pour en prendre exactement l'angle. Dans les petits cristaux, il faut considérablement raccourcir les alidades pour pouvoir mesurer les angles, et il est difficile de juger de l'exactitude de leur application. Dans les gros cristaux il est rare que les faces ne soient pas bombées ou inégales, ce qui présente une autre cause d'erreurs que l'on ne peut éviter." Aussi a-t-on recours de préférence au goniomètre par réflexion qui est de beaucoup le plus exact.

Fig. 4.—Rapporteur.

Goniomètre par réflexion.—Il en existe plusieurs types. Tous sont passablement compliqués et leur description demanderait des détails difficiles à saisir pour ceux qui n'ont pas l'instrument sous les yeux. Nous nous bornerons à en indiquer le principe qui est très simple.

Ce goniomètre mesure directement l'angle dont il faut tourner un cristal pour que la réflexion d'une ligne horizontale éloignée se fasse successivement et dans des conditions absolument semblables, sur chacune des faces cristallines qui constituent l'angle à mesurer.

Un instant de réflexion fait voir que l'angle mesuré par l'instrument dans ces conditions est précisément le supplément de l'angle du cristal. Voilà pourquoi le cercle qui sert à faire cette mesure est gradué en sens inverse de son mouvement.

Systèmes cristallins.—Les cristaux dans la nature se rencontrent sous une infinité de formes différentes. On dit que ces formes sont *simples* lorsqu'elles sont limitées par des faces égales (cube, octaèdre, tétraèdre régulier) ; elles sont *composées*, si les faces terminales ne sont pas égales, fig. 5. Assez souvent encore les formes prismatiques sont appelées formes *ouvertes* (cube), et les formes pyramidales, formes fermées (octaèdre).

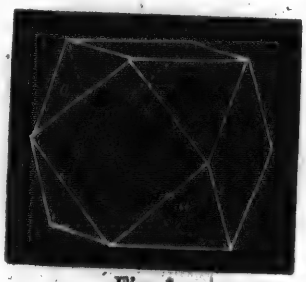


Fig. 5.

Fig. 5.—Cube modifié par les faces de l'octaèdre régulier.

Le nombre si grand des formes cristallines peut, par la considération de la longueur et de la position relative des axes, se ramener à six systèmes, auxquels on a donné le nom de systèmes cristallins. En voici l'énumération avec leurs caractères distintifs.

I. Système *cubique*.—Il est caractérisé par trois axes égaux et rectangulaires. La forme géométrique qui le représente est le cube, fig. 1, ou l'octaèdre régulier, fig. 6. Cette forme, étant très simple, se rencontre fréquemment dans la nature, car on a remarqué que les formes à symétrie simple étaient les plus nombreuses parmi les minéraux.

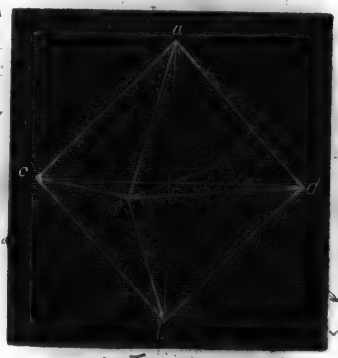


Fig. 6.

II. Système *hexagonal*. — Il est caractérisé par quatre axes, dont trois égaux, dans le même plan et faisant entre eux des angles de 60°, le quatrième inégal et perpendiculaire sur le plan des trois autres, fig. 7. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base hexagonale. Dans ce système, un des axes se distingue

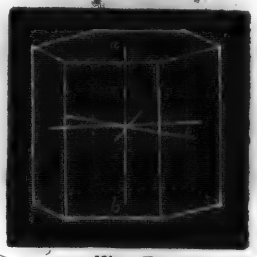


Fig. 7.

Fig. 6.—Octaèdre régulier ; les lignes *ab*, *cd*, *ef* sont les axes de cristallisation.

Fig. 7.– Prisme hexagonal droit ; la ligne *ab* est l'axe principal.

complètement des trois autres par sa longueur et sa position. C'est celui qui occupe l'axe géométrique du prisme hexagonal : voilà pourquoi on lui donne le nom d'axe principal.

III. Système *quadratique*. — Caractérisé par trois axes rectangulaires dont deux égaux et le troisième inégal, fig. 8 et 9. Ce dernier axe est principal. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base carrée.

Fig. 8.

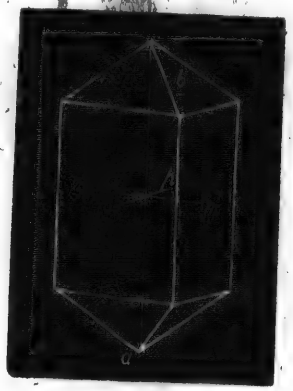


Fig. 9.

IV. Système *rhombique*.—Caractérisé par trois axes inégaux et rectangulaires, fig. 10. Il ne renferme pas

---

Fig. 8.—Octaèdre dérivé du prisme carré droit; les lignes *ab*, *mn* et *op* sont les axes, *ab* est l'axe principal

Fig. 9.—Prisme carré droit. Mêmes axes que le précédent. Les deux bases sont recouvertes d'une pyramide terminale.

d'axe principal. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base rectangle ou rhomboïdale.

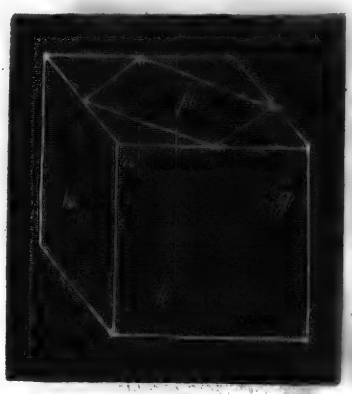


Fig. 10.

Fig. 11.

V. Système *clinorhombique.*—Caractérisé par trois axes inégaux, dont deux rectangulaires et le troisième oblique sur le plan des deux autres, fig. 11. La forme géométrique qui le représente est le prisme oblique à base rectangle ou rhomboïdale.

VI. Système *anorthique.*—Caractérisé par trois axes inégaux, tous obliques les uns par rapport aux autres, fig. 12. C'est le dernier degré de symétrie possible. La

---

Fig. 10.—Prisme droit à base rectangle ; les lignes *hg*, *pp*, *nm* sont les axes.

Fig. 11.—Prisme oblique à base rectangle ; les lignes *ab*, *cd*, *ef* sont les axes.

forme géométrique qui le représente est un prisme oblique à base parallélogramme-obliquangle.

Fig. 12.

Ces systèmes peuvent se distribuer en trois *groupes* bien caractérisés. Le premier groupe ne renferme que le système cubique, l'unique système où tout soit absolument régulier. Le second groupe comprend les systèmes hexagonal et quadratique, les seuls systèmes à axes principaux. Enfin dans le troisième groupe, on range les trois autres systèmes. Ce classement est très avantageux pour l'étude des propriétés caractéristiques des différents systèmes cristallins. Nous venons déjà de voir qu'il y a dans un même groupe des analogies de symétrie très remarquables. Plus tard, dans l'étude des propriétés optiques des minéraux, nous verrons ces analogies entre les systèmes d'un même groupe apparaître de nouveau.

Modifications des cristaux.—Il est relativement rare de rencontrer dans la nature les systèmes cristallins représentés par l'une des formes géométriques que nous avons indiquées comme types de chacun d'eux. Le plus souvent ces formes sont modifiées de diverses manières, et de fait, en partant d'une quelconque des formes ci-dessus décrites, on peut, par des modifications

---

Fig. 12.—Prisme oblique à base parallélogramme-obliquangle, les lignes *ab*, *cd* et *ef* sont les axes.

judicieusement faites, trouver toutes les formes du système cristallin auquel appartient le solide qui a servi de point de départ.

Fig. 13.

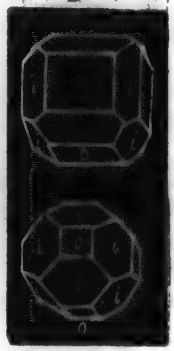


Fig. 14.

Pour nous aider à comprendre comment se font ces modifications, disons d'abord qu'on appelle arêtes *semblables*, celles qui ont non seulement même longueur, mais encore dont les angles dièdres eux-mêmes sont semblables. De même les angles solides sont *semblables*, quand ils sont formés par des angles plans égaux chacun à chacun, appartenant en même temps à des plans semblables. Ainsi, les arêtes et les angles solides d'un cube sont tous semblables, tandis que dans un prisme carré droit les arêtes latérales sont semblables entre elles, mais ne le sont pas aux arêtes de la base. De même les angles solides de ce prisme ne sont pas semblables aux angles solides du cube.

Les modifications des cristaux consistent toujours dans le remplacement d'une forme terminale par une autre. Ainsi on remplacera un angle solide du cube par une troncature, ou les angles dièdres par un plan, fig. 13 et 14. Ces faces modifiantes peuvent, en s'agrandissant, faire disparaître complètement les faces primitives.

L'étude détaillée de ces modifications présente de véritables difficultés pour le commençant. Voilà pour-

Fig. 13 et 14. — Cube modifié par les faces du dodécaèdre rhomboïdal.

quoi nous indiquerons seulement, d'une façon générale, les deux grandes classes dans lesquelles elles viennent toutes se placer.

On dit que la modification est *oloédrique*, quand toutes les parties géométriquement semblables d'un cristal sont modifiées à la fois et de la même manière, fig. 15 et 16. Ce sont les cas que l'on rencontre le plus souvent.

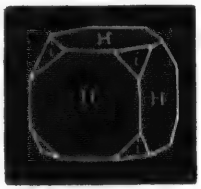


Fig. 15.

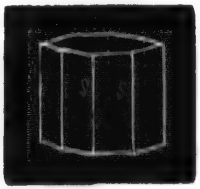


Fig. 16.

La modification est dite *hémiédrique* quand la moitié seulement des parties géométriquement semblables sont

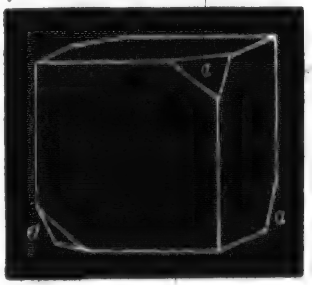


Fig. 17.

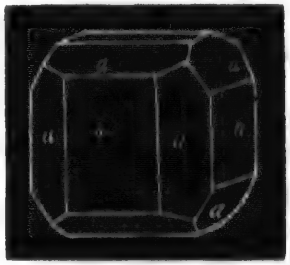


Fig. 18.

Fig. 15.—Cube modifié par les faces de l'octaèdre.

Fig. 16.—Prisme rhomboïdal droit, arêtes latérales modifiées.

Fig. 17.—Cube modifié par les faces du tétraèdre.

Fig. 18.—Cube modifié par les faces du dodécaèdre pentagonal.

modifiées de la même manière, comme le cube de la figure 17, ou encore quand toutes ces parties sont modifiées à la fois, mais seulement par la moitié du du nombre de faces qu'exigerait une modification régulière, figure 18.

Les deux exemples que nous venons de citer sont les plus fréquents dans le système cubique. Ils conduisent, le premier au tétraèdre régulier, fig. 19 (hémiédrie *inclinée)*, et le second au dodécaèdre pentagonal, fig. 20 (hémiédrie *parallèle)*.

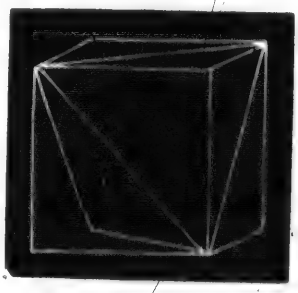


Fig. 19.

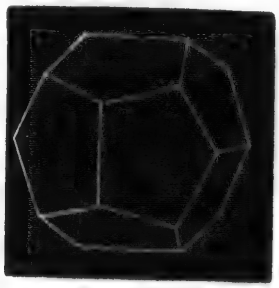


Fig. 20.

Dans le second système, le cas le plus remarquable d'hémiédrie est une modification du prisme hexagonal qui produit le rhomboèdre. Elle consiste à remplacer la moitié des arêtes ou des angles solides des bases du prisme par une troncature, *c*, fig. 21 et 22. Suivant

---

Fig. 19.—Cube, tétraèdre intérieur.
Fig. 20.—Dodécaèdre pentagonal.

l'inclinaison de cette face modifiante sur le grand axe du cristal, le rhomboèdre sera aigu ou obtus. Cette forme, plus simple géométriquement que le prisme hexagonal droit, se rencontre aussi plus souvent. Le Calcaire, la Dolomie, se trouvent en cristaux rhomboédriques et avec une grande variété de valeurs d'angles.

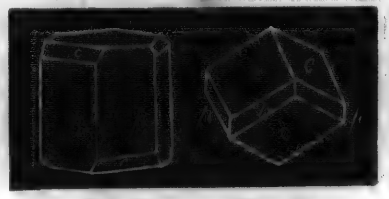


Fig. 21. Fig. 22.

ARTICLE DEUXIÈME

Clivage

Les cristaux réguliers ont la propriété de se séparer en fragments d'une manière toute différente des pierres amorphes. Dans celles-ci la cassure n'a rien de régulier ; tandis que l'on voit souvent un cristal se séparer en lames aussi régulières que les faces naturelles les plus parfaites. Cette propriété de se séparer ainsi suivant des plans bien définis a reçu le nom de *clivage*. Plus

---

Fig. 21. — Prisme hexagonal modifié hémiédriquement sur les arêtes de la base.

Fig. 22. — Même modification agrandie de manière à faire voir la forme rhomboédrique. Les faces *p* sont les faces latérales du prisme hexagonal.

le clivage est facile plus les plans sont nets et brillants.

Certaines espèces minérales n'auront qu'un plan de clivage (Mica), d'autres deux (Orthose), d'autres trois (Sel-gemme). Ces plans multiples de clivage, surtout si celui-ci est facile, donnent au minéral un aspect spécial, souvent caractéristique. L'existence de trois plans de clivage détermine un solide qu'Haüy appelait *noyau* ou *solide primitif*.

Les plans de clivage sont toujours parallèles à une face existante ou possible du cristal. Les clivages qui se font parallèlement à des faces cristallines semblables ont toujours un même éclat, et vice versâ, si les faces de clivage dans une même espèce ne sont pas également brillantes, c'est un signe infaillible qu'elles correspondent à des faces cristallines dissemblables.

Le clivage est un excellent caractère spécifique. C'est lui qui donne au Mica son apparence feuilletée, au Feldspath son apparence prismatique. Il permet quelquefois de distinguer deux espèces différentes, que l'on pourrait confondre par l'ensemble des autres caractères extérieurs. Tels sont la Topaze incolore et le Quartz hyalin : la Topaze a un clivage éminent dans le plan de la base du prisme, et le Quartz n'est pas clivable du tout.

Le clivage est produit de plusieurs manières. On peut cliver en se servant de la lame émoussée d'un canif, en frappant avec un marteau sur l'échantillon à cliver, ou enfin en chauffant le cristal à une haute température et en le jetant brusquement dans l'eau. Dans ce dernier cas, la dilatation et la contraction, qui résul-

tent de ces variations brusques de température, ont pour effet de faire fendiller le cristal; et si ces fentes se font de préférence dans une direction, c'est un signe qu'il y a là un sens de clivage possible.

ARTICLE TROISIÈME

Groupements des cristaux

Il est très rare de rencontrer dans la nature les cristaux isolés et complètement libres. Le plus souvent ils sont implantés dans une gangue qui en masque une extrémité, ou bien encore, plusieurs sont groupés ensemble. Ces groupements sont de plusieurs espèces ; nous en verrons successivement les principales.

Groupements réguliers.—On donne ce nom aux groupements qui se font suivant certaines lois définies. On dit qu'ils sont *directs* lorsque les côtés homologues des cristaux groupés restent parallèles. C'est de cette manière que les petits cristaux peuvent, en se réunissant, donner naissance à des individus plus gros. Et de fait, pour peu qu'un cristal soit développé, on peut presque toujours voir sur ses faces latérales ou basiques des indices de groupements de cette nature. Les gros cristaux de Calcite, de Fluorine, de Quartz, en donnent de très beaux exemples.

Les groupements réguliers sont *inverses* si les faces homologues ne sont pas parallèles, ce qui ne les empê-

che pas de présenter souvent une symétrie fort remarquable. A ces groupements on donne plus particulièrement le nom de *macles*.

Lorsqu'on étudie le cas le plus fréquent des macles, c'est-à-dire, le groupement de *deux* cristaux, il arrive souvent que les deux individus sont dans une position telle que l'un semble avoir tourné d'un certain angle (60°, 90°, 360°) autour d'un axe perpendiculaire au plan d'assemblage, fig. 23 *a*, *e*. Quelquefois encore, l'appa-

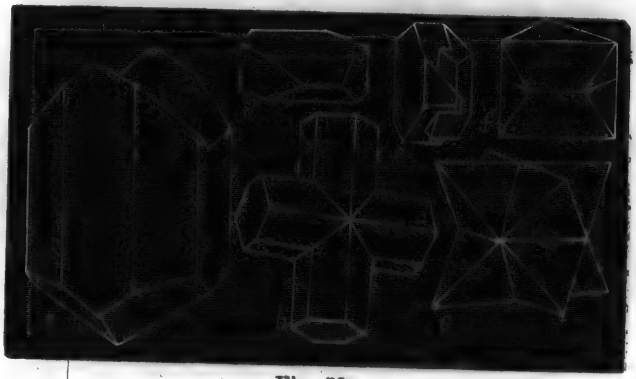


Fig. 23.

rence est celle que présenterait un cristal unique, coupé suivant un certain plan et dont une portion aurait tourné sur l'autre de la manière indiquée ci-dessus, fig. 23 *f*. Haüy a donné le nom d'*hémitropies* aux macles formées de cristaux qui ont tourné de 180° l'un par rapport à l'autre. Il appelait *transpositions* les macles à rotation de 60° ou 90°.

Fig. 23.—Exemples de macles, hémitropies, transpositions, etc.

Le plan d'assemblage est, dans la plupart des cas, une face existante du cristal, ou pouvant exister par suite d'une modification assez simple. Il n'y a d'exception que pour quelques macles de cristaux anorthiques, comme l'Albite.

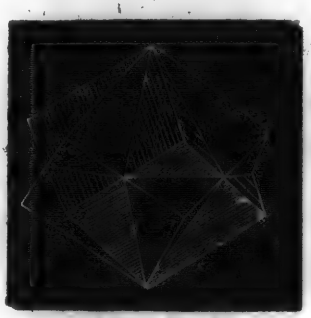


Fig. 24.

Quelques macles semblent être le résultat de deux cristaux ayant même centre de figure, mais dont l'un aurait tourné d'un certain angle, fig. 24.

Nous donnons ci-dessus un certain nombre d'exemples de macles ; l'élève pourra s'exercer à trouver la forme cristalline des cristaux groupés, la position du plan d'assemblage et l'angle de rotation.

Dans la figure 23 *b*, les deux plans d'assemblage font un angle de 90°. Dans les cristaux de neige, dont les formes sont souvent si belles et si régulières, l'angle de ces plans est de 60°, aussi ces macles ont-elles la forme d'étoiles à six branches.

On reconnaît ordinairement une macle à l'existence d'angles rentrants, caractère que ne présentent jamais les cristaux simples. Lorsqu'il n'y a point d'angles rentrants, dit M. Pisani, un groupement régulier de cristaux sera indiqué par un système de stries ou une suture au point de jonction des deux individus ; ou bien par un défaut de symétrie dans les différentes parties du cristal composé, ou encore, par le change-

Fig. 24.—Groupement observé dans la Pyrite de fer.

ment de direction des clivages au point de jonction des deux cristaux. Dans certains cristaux de quartz, le groupement est une véritable compénétration mutuelle qui ne peut être révélée que par la lumière polarisée ou l'attaque à l'acide fluorhydrique. M. DesCloizeaux a trouvé ainsi que des cristaux des quartz, en apparence très homogènes, étaient formés de lames successivement dextrogyres et lévogyres superposées.

Groupements irréguliers.—Quelques fois on voit une masse de petits cristaux aciculaires groupés autour d'un point ou le long d'une ligne, ce qui produit des formes sphéroïdales ou cylindriques. Ces derniers groupements se rencontrent assez souvent dans la Pyrite de fer.

Les *dendrites* sont de véritables groupements irréguliers. On donne ce nom à des espèces d'arborisations qui se voient assez souvent entre les feuillets d'une substance schisteuse ou encore dans l'épaisseur même de ces feuillets. Dans le premier cas les dendrites sont superficielles, dans le second, elles sont profondes. Quant à leur origine, elle est due à la solidification des dissolutions salines qui imprégnaient la pierre où on les trouve. Si cette solidification a été lente, la dendrite est cristalline, sinon elle est amorphe. Les agates mousses doivent leur nom à des arborisations de cette nature qui se trouvent à leur intérieur.

Enfin on appelle *druse*, une masse de petits cristaux, pressés les uns contre les autres et recouvrant une surface quelconque. Ce n'est pas un groupement proprement dit, bien que l'on puisse, dans certains cas, reconnaître entre les axes ou les faces des différents cristaux un parallélisme remarquable.

ARTICLE QUATRIÈME

—

Imperfections des cristaux, Stries, Pseudomorphoses

Les cristaux que nous avons supposés réguliers pour la détermination des systèmes cristallins, ne le sont pour ainsi dire jamais. Le développement de certaines faces aux dépens de leurs voisines enlève toute régularité aux formes cristallines, et quelquefois cette déformation peut s'accentuer au point de faire ranger dans un système cristallin un individu qui en réalité appartient à un autre système. De plus, ces faces sont quelquefois courbes et le cristal paraît grossièrement arrondi. Tel est le cas pour le Diamant, le Gypse et bon nombre de cristaux d'Apatite. Ailleurs on trouve les faces creusées en trémie : Sel-Gemme, Bismuth et certains échantillons de Fluorine.

Stries. — Les stries constituent une autre espèce d'irrégularité qui se présente assez souvent. On donne ce nom à des rainures que l'on voit sur les faces des cristaux, fig. 25. Elles sont limitées par des facettes parallèles à quelques faces primitives ou secondaires du cristal. Aussi la présence de ces stries est-elle regardée comme le signe d'une oscillation entre deux formes d'un même système. Envisagées de cette manière, les stries qui se voient sur les faces

Fig. 25.

Fig. 25 — Stries latérales des cristaux de Quartz.

d'un cube de Pyrite de fer et qui ont trois directions rectangulaires, fig. 24, indiquent une oscillation entre le cube et le dodécaèdre pentagonal.

Les stries sont souvent un caractère spécifique des plus précieux. Telles sont celles qui sillonnent transversalement les faces latérales d'un prisme de quartz, fig. 25. Lorsque les stries sont très fortes, elles portent spécialement le nom de *cannelures*.

Il ne faut pas confondre avec les stries, les lignes que l'on aperçoit quelquefois à la surface des cristaux, et qui ne sont que les traces des fissures de clivage existant à l'intérieur du cristal.

Pseudomorphoses. — On désigne ainsi certaines formes empruntées que présentent les minéraux. On rencontrera, par exemple, le Quartz en cristaux cubiques, la Limonite sous la forme des Pyrites, etc.

Les pseudomorphoses sont de plusieurs genres :

1° Quelques cristaux, sous l'influence de diverses causes, peuvent changer de composition sans changer de forme, et cela, (*a*) soit par la perte d'un des principes composants, exemple : le cuivre natif sous la forme de cuivre oxydulé ; (*b*) soit par l'addition d'un nouveau principe, exemple : Malachite sous la forme de cuivre oxydulé ; (*c*) soit par échange de certains éléments, exemple : Limonite sous la forme de Pyrite.

2° Quelquefois le cristal primitif disparaît complètement et sa place est prise par une substance qui remplit la cavité, exemple : Gypse sous forme de Sel-Gemme, Quartz sous forme de Fluorine. Quand ce remplacement se fait avec une grande lenteur, la nouvelle substance a exactement la même structure inté-

rieure que la substance remplacée. C'est ainsi que l'on voit des bois se changer en Quartz, en Opale ou en Barytine, sans rien perdre de leur structure.

3° Un cristal est quelquefois recouvert par un autre minéral ; si par hasard ce cristal disparaît, il laisse son moule en creux. Telle est l'origine des moules cubiques de Quartz ; la Fluorine qui les remplissait primitivement est disparue, laissant seul le Quartz qui la recouvrait.

Assez souvent il est difficile de dire à laquelle de ces espèces doit se rapporter une forme pseudomorphique en particulier. Des recherches consciencieuses et un examen attentif des différentes causes qui ont dû entrer en jeu peuvent seuls guider l'observateur.

Irrégularités intérieures des cristaux. — La limpidité d'un cristal est quelquefois détruite par des matières colorantes qui s'y trouvent en assez grande quantité. On remarque que ces matières étrangères sont souvent disposées en lames parallèles à quelques faces du cristal ; c'est ce que l'on voit dans plusieurs variétés de Fluorine.

En outre, beaucoup de cristaux renferment des particules solides ou des gouttelettes liquides, que M. l'abbé Renard désigne sous le nom générique d'enclaves. C'est Brewster qui a, le premier, attiré l'attention des microscopistes sur ces enclaves minérales, par son étude remarquable sur les enclaves des Topazes. Les liquides que renferment ainsi les cristaux sont, ou bien de l'eau, ou bien des dissolutions salines ou même de l'acide carbonique liquide, comme dans beaucoup de cristaux de quartz.

est ainsi que l'on
en Opale ou en
ture.
ert par un autre
aît, il laisse son
moules cubiques
ssait primitive-
tz qui la recou-

laquelle de ces
eudomorphique
encieuses et un
ui ont dû entrer
r.

RISTAUX. — La
étruite par des
n assez grande
ères étrangères
èles à quelques
dans plusieurs

rment des par-
, que M. l'abbé
ue d'enclaves.
l'attention des
rales, par son
Topazes. Les
sont, ou bien
s ou même de
beaucoup de

Les enclaves solides sont des particules souvent cristallines et susceptibles de détermination minéralogique, fig. 26 et 27. Rien de plus beau que ces petits cristaux disséminés quelquefois au hasard, quelquefois avec un ordre merveilleux dans les lames cristallines. Nous donnons ci-dessous, fig. 27,

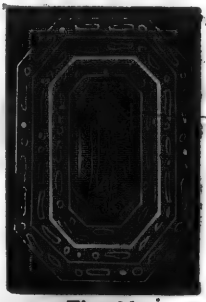


Fig. 26.

Fig. 27.

Fig. 26.—Cristal de Pyroxène, avec enclaves solides.
Fig. 27.—Enclaves de diverses natures, *h* et *i* enclaves liquides ; *a* section d'obsidienne ; *b* mica astérisé ; *c* perthite ; *d* apatite ; *e*, *f* trichites ; *g* cavité microscopique dans une roche éruptive.

quelques exemples de ces enclaves que nous empruntons au P. Renard et à M. Rutley ; plusieurs de ces dessins, *a*, *b*, *c*, *d*, *g*, ont été faits par nous, d'après nature.

ARTICLE CINQUIÈME

Structure et formes irrégulières des minéraux, cassure

STRUCTURE IRRÉGULIÈRE.—On donne ce nom à la structure des minéraux qui ne se présentent pas en cristaux distincts, mais dont la masse générale résulte de l'agrégation de masses plus petites ayant chacune leur structure propre. Telle est, par exemple, la structure du Grès, du Marbre, de l'Ardoise.

Cette structure offre une grande variété d'aspects dont quelques-uns ont reçu des noms. En voici les principales espèces :

La structure *grenue*, produite par la réunion de petits grains cristallins arrondis (Grès).

La structure *laminaire*, provenant de la réunion de lames critallines ou de clivage. Lorsque ces lames sont très petites, la structure est *lamellaire*. Elle est *écailleuse* si les lames se séparent facilement (certains Micaschistes). La structure *saccharoïde* n'est peut-être qu'une variété de la structure laminaire, les facettes ou les cristaux sont très petits (marbre statuaire).

La structure *fibreuse* est celle qui résulte de la réunion de cristaux aciculaires, comme dans plusieurs variétés de Gypse. Elle est *radiée* si plusieurs cristaux originent

de centres communs, comme dans les Zéolites. Elle est *capillaire* si ces cristaux sont très facilement séparables, comme dans l'Asbeste.

La structure *compacte* est celle d'une masse qui, avec une cohérence assez forte des particules composantes, ne laisse voir aucun indice d'une structure spéciale (pierre lithographique).

La structure *terreuse* provient de l'agglutination de grains ayant fort peu de cohérence; le minéral reste pulvérulent, comme la Craie, l'Argile.

La structure *schisteuse* est celle des minéraux qui se séparent facilement en feuillets plus ou moins réguliers (Ardoise). Dans certains cas les feuillets existent sans qu'on puisse les séparer : structure *stratiforme*.

On pourrait encore ajouter les structures *cellulaire* et *organique*.

Formes irrégulières et accidentelles. — Voici quelques-unes de ces formes, les plus importantes à noter :

Nodules ou rognons.—Ce sont des concrétions plus ou moins volumineuses, arrondies d'une manière irrégulière. Ils résultent de l'agglomération de particules de même nature, disséminées primitivement dans une substance étrangère. Voilà pourquoi on les trouve assez souvent formés de couches concentriques. Lorsqu'ils sont creux on les appelle *géodes*. Celles-ci, ou sont tapissées de magnifiques druses cristallines, ou sont à peu près remplies par des infiltrations qui se déposent en couches concentriques d'une grande régularité et d'une rare beauté. Telle est l'origine de la plupart des agates rubannées. Quelques géodes, les

pierres d'aigle, contiennent un noyau de matière amorphe, libre à leur intérieur.

Formes globulaires. Mentionnons les *pisolithes*, globules de la grosseur d'un pois, formés de couches concentriques et emprisonnant le plus souvent un petit fragment de substance étrangère. Les *oolithes*, globules extrêmement petits, de la grosseur des œufs de poissons, qu'on trouve libres ou agrégés.

Mamelons. On donne ce nom à des masses dont la surface ne montre que des segments sphériques de globules ; quand les globules sont très saillants et que le minéral ressemble à une grappe de raisin, on dit qu'il a la forme *botryoïdale*.

Stalactites. Concrétions légèrement coniques, produites par l'infiltration des eaux minérales à travers la voûte d'une grotte. L'évaporation de l'eau cause un dépôt de matière qui, peu à peu, s'allonge et prend la forme d'un cône. Leur structure peut être amorphe, radiée, cristalline. On appelle *stalagmites* les dépôts mamelonnés qui se forment sous les stalactites, grâce aux gouttes de liquide qui tombent une à une et s'évaporent sur le pavé de la grotte.

Enfin, pour clore la liste, mentionnons les *galets* ou cailloux roulés, dont les formes varient à l'infini.

Cassure.—La cassure est l'apparence que présentent les fragments d'un minéral cassé. Elle a nécessairement une grande relation avec la structure, aussi se désigne-t-elle le plus souvent de la même manière que celle-ci. Cependant, aux différents genres de structures énumérés plus haut et qui donnent autant de cassures différentes, on peut ajouter la cassure *unie* qui se fait suivant des faces presque planes : Pierre lithographique ;

la cassure *rude* à surface recouverte de petites aspérités : Marbre statuaire ; cassure *écailleuse*, quand elle offre de petits fragments qui semblent prêts à se détacher : Agate ; cassure *conchoïdale*, à surface semblable à celle de certaines coquilles bivalves : Obsidienne.

ARTICLE SIXIÈME

Dureté, tenacité, friabilité, densité

DURETÉ.—C'est la résistance qu'opposent les minéraux à se laisser rayer. Cette dureté est très variable. Pour faciliter la détermination du degré de dureté d'une substance, on se sert d'un certain nombre de minéraux, pris comme termes de comparaison et rangés par ordre de dureté croissante. C'est cet ensemble de minéraux types qu'on appelle échelle de dureté. Mohs a dressé l'échelle suivante qui renferme 10 termes de comparaison. Les voici dans leur ordre de dureté croissante. 1° Talc ; 2° Gypse ; 3° Calcaire ; 4° Fluorine ; 5° Apatite ; 6° Orthose ; 7° Quartz ; 8° Topaze ; 9° Corindon ; 10° Diamant. Quelques minéralogistes se servent d'une autre échelle renfermant 12 espèces minérales et imaginée par Breithaupt. Ils intercalent l'Hornblende entre l'Apatite et l'Orthose, et le Mica entre le Gypse et le Calcaire.

Les numéros 1 et 2 sont rayés par l'ongle. Les cinq premiers numéros sont rayés par une pointe d'acier, et le numéro 6 correspond à une dureté un peu supérieure à celle du verre à vitres. Si donc un minéral est rayé

par l'ongle, sa dureté est entre 1 et 2, s'il est rayé par l'acier tout en étant au-dessus de 2, sa dureté sera de 3 à 5, s'il raye le verre il est plus dur que 5. Ces moyens pratiques et faciles sont quelquefois très utiles pour avoir des idées générales sur la plus ou moins grande dureté d'un minéral.

Dans ces essais, il faut choisir une arête très vive ou des parties anguleuses et frotter à plusieurs reprises sur une partie bien plane du minéral qui doit servir de point de comparaison. Il est important de bien essuyer la surface frottée, avant de l'examiner à la loupe, car autrement on pourrait regarder comme provenant de la rayure la poussière que laisse un corps de dureté inférieure sur une surface de dureté plus grande. Il est encore bon de faire la contre-épreuve avec le même morceau, parce que deux minéraux de même dureté peuvent se rayer mutuellement si on les frotte assez fortement l'un sur l'autre.

Quelques cristaux sont plus durs sur une face que sur une autre, tel est le Disthène. Sur une même surface la dureté varie quelquefois, suivant qu'on l'essaye, dans deux directions différentes. Pour terminer, disons qu'on ne doit pas attacher à ce caractère une importance absolue, car il est susceptible de varier dans une même espèce.

Tenacité.—La tenacité est la résistance qu'oppose un minéral à se laisser briser par le choc. Certains minéraux très durs sont très fragiles, et vice versâ. La *friabilité* est la propriété contraire à la tenacité. Les substances friables cèdent au moindre choc et tombent en poussière.

On pourrait joindre à ces propriétés la *ductilité* et la

flexibilité, propriétés d'une importance tout à fait secondaire et dont on ne tient presque jamais compte.

Densité.—La densité est un des meilleurs caractères spécifiques. Aussi le minéralogiste y a-t-il recours chaque fois qu'il veut classer définitivement un minéral. On sait que la densité d'un corps est le rapport du poids d'un certain volume de ce corps pesé à 0° au poids d'un égal volume d'eau pesé à 4° C. dans le vide. Les méthodes décrites dans tous les cours de physique sont celles qui servent aux minéralogistes.

Nous en joindrons une autre que nous empruntons à M. Pisani et qui peut, dans certains cas, surtout pour les roches, rendre de véritables services, vu qu'on opère ici avec des morceaux pesant de une demi-livre à une livre.

Une cloche en verre, fig. 28, porte deux tubulures, une en *a* et l'autre latérale ; on la renverse sur un trépied. A la tubulure latérale est adapté un tube recourbé et à l'ouverture inférieure un tube à robinet *a*. On verse une certaine quantité d'eau dans la cloche et on marque au moyen d'une bande de papier *d* le niveau du liquide dans le tube latéral. Pour prendre la densité du minéral, on le pèse d'abord à une balance ordinaire, puis on le plonge dans le vase au moyen d'un fil ; comme le niveau s'est élevé dans la cloche on fait écouler l'eau dans une

Fig. 28.

Fig. 28.—Appareil pour déterminer la densité des roches.

éprouvette graduée en centimètres cubes, jusqu'à ce qu'on ait rétabli le premier niveau. Le volume en centimètres qui se trouve dans l'éprouvette graduée donne en grammes le poids de l'eau déplacée et permet de calculer la densité.

ARTICLE SEPTIÈME

Propriétés magnétiques, électriques et organoleptiques

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES ET ÉLECTRIQUES. — Les minéraux magnétiques sont ceux qui agissent sur l'aiguille aimantée. Il y en a très peu. Quelques minérais de fer sont à peu près les seuls à jouir de cette propriété. Toutefois certaines substances riches en fer deviennent magnétiques après qu'on les a chauffées au chalumeau. On appelle *aimants* les minéraux qui ont des pôles parfaitement localisés, et substances *magnétiques* celles qui agissent indifféremment sur les deux pôles de l'aiguille aimantée.

De tous les caractères minéralogiques on peut dire que l'électricité est peut-être celui auquel on a recours le plus rarement. Quelques minéraux s'électrisent par le frottement, d'autres par la simple compression, d'autres par le clivage. Le cas qui offre le plus d'intérêt est celui de minéraux s'électrisant chaque fois qu'ils changent de température. Cette propriété particulière a reçu le nom de *pyro-électricité*. La polarité électrique durant le

refroidissement est toujours de nom contraire à celle de l'échauffement. La Tourmaline et la Calamine sont deux minéraux éminemment pyro-électriques.

PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES.—Elles sont de quatre espèces : 1° *Action sur le toucher.* C'est ainsi qu'on parle de minéraux *onctueux, gras,* comme le Talc, *rudes* au toucher, comme la pierre ponce. Les minéraux bons conducteurs de la chaleur produisent, lorsqu'on les touche, une impression de froid plus grande que les mauvais conducteurs. Le Quartz paraît toujours plus froid que le verre.

2° *Happement à la langue.* Quelques corps adhèrent à la langue parce qu'ils absorbent l'humidité de cet organe. On dit alors qu'ils *happent* à la langue, exemple : l'Ecume-de-mer, certaines Argiles.

3° *Saveur.* Caractère applicable uniquement aux substances solubles. On distingue la saveur *acide, piquante :* Sel amoniac ; la saveur *salée :* Sel marin ; la saveur *fraîche :* Nitre ; la saveur *astringente :* Alun ; etc.

4° *Odeur.* Quelques minéraux ont une odeur propre : Soufre ; d'autres une odeur accidentelle, qu'ils doivent à la présence de matières étrangères et qui peut se manifester de diverses manières. Ainsi, quelques calcaires donnent par le frottement une odeur fétide ; certains minéraux terreux donnent, après insufflation, une odeur argileuse.

ARTICLE HUITIÈME

—

Propriétés optiques

On peut rapporter toutes les propriétés optiques à six titres principaux : l'éclat, la couleur, la transparence, la réfraction, la polarisation et la phosphorescence.

Eclat.—C'est la manière spéciale dont un corps renvoie une espèce de rayons lumineux. Deux corps pourront avoir la même couleur, c'est-à-dire, renvoyer à l'œil la même espèce d'ondes lumineuses et avoir cependant des éclats différents. Ainsi la Pyrite de fer et le Soufre sont jaunes tous les deux, mais leur éclat n'est pas le même.

On définit l'éclat d'un minéral en le comparant à l'éclat d'une substance bien connue. Tels sont : l'éclat métallique : métaux natifs, Pyrite ; l'éclat métalloïde ou imparfaitement métallique : Anthracite, Hypersthène ; l'éclat adamantin à reflets vifs et étincelants : Diamant ; l'éclat vitreux : Quartz ; l'éclat résineux, gras, nacré, etc. L'éclat *mat* est celui des minéraux qui n'ont pas d'éclat bien marqué. L'apparence en est sombre, terreuse.

Couleur.—Les principales couleurs sont bien définies ; mais comme elles sont susceptibles de beaucoup de nuances, la couleur d'un minéral tire son nom de celle d'objets parfaitement connus. Ainsi on dit : jaune d'or, jaune serin, rouge carmin, rouge sang, rouge

brique, gris de plomb, blanc d'argent, blanc de neige, vert d'émeraude, etc.

Plusieurs minéraux ont une couleur qui leur est propre et qui, par conséquent, est caractéristique : Soufre, Azurite. D'autres doivent leur couleur à des circonstances accidentelles et, dans ce cas, elle n'est plus un caractère spécifique, car dans une même espèce on trouvera un très grand nombre de teintes différentes ; exemples : Fluorine, Apatite, Tourmaline.

Quelquefois on observe dans les minéraux des couleurs changeant suivant le sens dans lequel on les regarde. Ce phénomène est dû soit à des lamelles ou à des fibres qui se trouvent à l'intérieur, soit à des fissures, soit à des commencements d'altération. On dit alors que le minéral est chatoyant ou irisé : Labradorite, Œil-de-chat, Opale, Oligiste.

La couleur de la poussière est souvent plus importante à connaître que celle de la masse. Le moyen qu'on emploie pour s'en assurer, consiste à frotter le minéral sur un morceau de porcelaine dégourdie, ou bien à le racler avec un couteau ou une pointe de diamant.

On appelle *polychroïsme* la propriété qu'ont certains minéraux de présenter diverses teintes, suivant qu'on les regarde en différents sens : Epidote, certaines variétés de Fluorine.

Astérisme. On désigne sous le nom d'astérisme des formes étoilées que l'on voit lorsqu'on regarde un minéral dans certaines directions particulières, soit à la lumière réfléchie, soit à la lumière transmise. Cette

particularité est remarquable dans quelques variétés de Saphire et dans des échantillons de Mica venant de South Burgess. Chez ce dernier, l'astérisme est dû à la présence d'une foule de petits cristaux, rangés symétriquement par rapport aux axes cristallographiques.

TRANSPARENCE.—Bon nombre de minéraux sont transparents lorsqu'ils sont purs. Le mélange de substances étrangères les rend translucides, même complètement opaques si ces substances sont en assez grande proportion. Cependant tous les minéraux réduits en lames minces sont au moins translucides, sauf les minérais des métaux lourds, qui, même dans une tranche excessivement mince, paraissent toujours tout à fait opaques.

RÉFRACTION.—C'est surtout pour l'étude de la réfraction et de la polarisation de la lumière par les cristaux que la distribution de six systèmes en trois groupes offre de très grands avantages.

La réfraction est la déviation qu'éprouve un rayon lumineux par le passage d'un milieu dans un autre de densité différente. L'indice de réfraction est le rapport du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction. Enfin, il y a réfraction simple, si à un rayon incident correspond un seul rayon réfracté ; réfraction double, si à un rayon incident correspondent deux rayons réfractés.

Cela posé, nous disons que dans les cristaux du premier groupe, il y a réfraction simple et indice de réfraction constant. Ces cristaux se comportent absolument comme les substances amorphes. Les cristaux du second groupe, ou à axe principal, sont biréfringents.

elques variétés de
Mica venant de
risme est dû à la
, rangés symétri-
ographiques.

néraux sont trans-
ge de substances
e complètement
z grande propor-
réduits en lames
auf les minérais
e tranche exces-
t à fait opaques.

tude de la réfrac-
par les cristaux
en trois groupes

rouve un rayon
ans un autre de
on est le rapport
us de l'angle de
le, si à un rayon
acté ; réfraction
espondent deux

les cristaux du
ple et indice de
omportent abso-
s. Les cristaux
nt biréfringents.

On constate facilement la double réfraction dans un rhomboèdre de Spath d'Islande, en le posant sur une feuille où l'on a tracé une ligne noire ; cette ligne paraît double, et les images sont d'autant plus écartées que le cristal est plus épais. L'un des rayons réfractés suit les lois de la réfraction simple, c'est le rayon ordinaire ; l'autre ne suit pas ces lois, c'est le rayon extraordinaire. Quand l'indice de réfraction du rayon extraordinaire est plus grand que celui du rayon ordinaire, le cristal est dit *positif*, il est *négatif* quand le contraire a lieu.

On appelle axe optique dans une substance biréfringente, toute direction où les deux rayons réfractés ne se séparent pas, toute direction suivant laquelle la réfraction paraît être simple. Dans les cristaux du second groupe, il y a un axe optique qui se confond avec l'axe principal de cristallisation.

Dans les cristaux du troisième groupe, la réfraction est toujours double, mais, des deux rayons réfractés, aucun ne suit régulièrement les lois de Descartes ; les deux sont donc extraordinaires. On rencontre dans ces cristaux deux axes optiques qui font entre eux un angle pouvant varier de quelques minutes à près de 90°. En général, cet angle est constant pour une même espèce minérale.

Polarisation. — Pour l'étude des propriétés polarisantes des minéraux, on se sert des divers systèmes d'analyseurs et de polarisateurs qui sont décrits dans les traités de physique. Tels sont : l'appareil de Noremberg, la pince à tourmaline, le microscope polarisant, etc.

Tous les corps du premier groupe ne polarisent qu'incomplètement la lumière. Ils agissent absolument

comme le verre et autres substances amorphes. Au contraire, tous les cristaux biréfringents polarisent complètement la lumière. Les deux rayons réfractés sont toujours polarisés et à angle droit. De là un moyen bien simple de s'assurer si une substance est ou n'est pas biréfringente. On l'introduit entre l'analyseur et le polarisateur d'un appareil quelconque, ceux-ci étant croisés : si le champ reste obscur, quelle que soit la position de la lame interposée, celle-ci est monoréfringente ; si le champ s'illumine, la substance est biréfringente.

De plus, quand on regarde avec un analyseur, de la lumière polarisée convergente qui a traversé, suivant un axe optique, une lame biréfringente, appartenant à un cristal du second groupe, on voit une série d'anneaux concentriques circulaires, traversés par une croix, qui est noire, si les plans de polarisation de l'analyseur et du polarisateur sont rectangulaires, et blanche si ces plans coïncident. C'est là un moyen sûr de reconnaître les minéraux qui appartiennent au système hexagonal ou quadratique. Les cristaux qui se comportent ainsi sont dits cristaux *à un axe.*

Dans le troisième groupe, le phénomène qu'on observe en regardant un rayon polarisé, comme nous l'avons indiqué pour les cristaux du deuxième groupe, est un peu différent. C'est un système d'anneaux elliptiques, traversés par une barre noire ou blanche, suivant la position relative de l'analyseur et du polarisateur. Lorsque les deux axes optiques font un angle tellement faible qu'on peut embrasser à la fois ces deux axes dans le champ de vision, les systèmes

amorphes. Au
polarisent com-
ns réfractés sont
De là un moyen
nce est ou n'est
re l'analyseur et
e, ceux-ci étant
elle que soit la
est monoréfrin-
ance est biréfrin-

analyseur, de la
raversé, suivant
e, appartenant à
série d'anneaux
r une croix, qui
de l'analyseur et
t blanche si ces
n sûr de recon-
ent au système
aux qui se com-
xe.

énomène qu'on
sé, comme nous
euxième groupe,
ème d'anneaux
oire ou blanche,
eur et du polari-
es font un angle
er à la fois ces
n, les systèmes

d'anneaux de chacun d'eux empiètent l'un sur l'autre, il en résulte une lemniscate traversée par deux branches d'hyperboles. Selon la position de l'analyseur et du polarisateur, ces branches seront distinctes, ou se toucheront par leur milieu pour former comme une croix à bras inégaux. La présence de deux axes optiques dans les cristaux du troisième groupe leur fait donner le nom de cristaux *à deux axes.*

Les substances biréfringentes, mises entre l'analyseur et le polarisateur, non seulement transmettent la lumière, mais encore la colorent en teintes qui sont souvent d'une grande richesse. Le microscope polarisant peut ainsi servir à identifier des espèces minérales par l'examen de leurs propriétés optiques.

Phosphorescence.—La phosphorescence est la propriété d'émettre des rayons lumineux à une température inférieure à 400 ou 500 degrés. On la provoque de diverses manières : par l'insolation, ou exposition à la lumière solaire, par la percussion, par le clivage, comme dans certaines variétés de Mica, par le frottement et par l'élévation de température. Le Spath-fluor émet une lueur phosphorescente très vive lorsqu'on le projette sur une surface chauffée à 200 ou 300 degrés. Mais après cela, il lui faut une exposition assez longue à la lumière solaire pour qu'il reprenne ses propriétés phosphorescentes. Le diamant est éminemment phosphorescent par insolation.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PROPRIÉTÉS RÉFRINGENTES ET POLARISANTES DES MINÉRAUX

—	*Réfraction*	*Polarisation*
I Groupe.	Réfraction simple. Indice constant.	Polarisation partielle, comme dans les substances amorphes.
II Groupe.	Réfraction double. Un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. Un axe optique.	Les deux rayons réfractés complètement polarisés à angles droits. Anneaux colorés traversés par une croix noire ou blanche.
III Groupe.	Réfraction double. Deux rayons extraordinaires. Deux axes optiques dont l'angle varie d'une espèce à l'autre.	Polarisation complète des deux rayons réfractés comme dans le groupe II. Anneaux elliptiques traversés par une ligne courbe, noire ou blanche.

Polarisation
risation partielle, dans les subs- amorphes.
deux rayons ré- complètement po- à angles droits. ux colorés traver- r une croix noire nche.
risation complète ux rayons réfractés dans le groupe II. ux elliptiques tra- par une ligne noire ou blanche.

CHAPITRE DEUXIÈME

MINÉRALOGIE CHIMIQUE

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES.—Parmi les éléments connus en chimie, quelques-uns se trouvent parfois à l'état natif, par exemple, le Soufre, le Fer, le Cuivre, etc.; mais le plus souvent, ces éléments sont combinés en diverses proportions. Et alors, vu la grande variété de circonstances où se trouvent les minéraux dans la nature, il est très rare que ces combinaisons présentent la même netteté et la même simplicité qu'elles ont dans les laboratoires. De là pour le minéralogiste une double difficulté : celle de déterminer la composition du minéral et celle de le classer. Lorsque plusieurs minéraux sont mélangés mécaniquement, il suffit d'isoler chacun des composants et d'en faire l'analyse séparément, mais cela est souvent impossible.

Dans tous les cas, l'étude de la composition chimique des minéraux comprend deux phases. Une première, l'analyse *qualitative*, où il s'agit de savoir quels sont les éléments combinés ensemble ; une seconde, l'analyse *quantitative*, où l'on recherche les proportions relatives de ces éléments. La première suffit le plus souvent, s'il s'agit d'un minéral déjà connu. Il faut avoir recours à

la seconde, si on trouve une composition qualitative nouvelle, ou si on observe dans un minéral des propriétés physiques ne correspondant pas à celles d'une espèce déjà décrite.

ARTICLE PREMIER

Analyse qualitative par voie sèche

Ces essais sont de la plus haute importance, car ils permettent de déterminer en quelques instants à l'aide de réactifs peu nombreux, les éléments d'une foule de minéraux. Nous empruntons les détails suivants, en grande partie, à l'excellent ouvrage de M. Pisani.

Les instruments nécessaires pour ces essais sont : un chalumeau, une pince à bouts de platine, des fils de platine, une cuiller de platine, une lame de platine, un marteau, un mortier d'agate, un tas en acier, des tubes de verre, des verres de montre, un barreau aimanté, une loupe, un verre bleu coloré par le cobalt. Quant au combustible, on peut employer une bougie, une lampe à alcool ou mieux le gaz d'éclairage ordinaire.

Les réactifs sont : borax, sel de phosphore et de soude, nitre, cyanure de potassium, bisulfate de potasse, nitrate de cobalt, acide sulfurique, acide chlorhydique, fluorure de calcium, fluorure d'ammonium, chlorure de calcium, oxide de cuivre, papier de tournesol et de curcuma.

Quand on dirige le courant d'air du chalumeau sur une flamme, celle-ci est déjetée de côté, fig. 29. Cette flamme, plus chaude que la flamme d'une bougie ordinaire, renferme deux parties distincte, une zône extérieure *o*, d'un bleu très pâle, dans laquelle se fait la combustion des vapeurs combustibles de la bougie au contact de l'oxygène de l'air. C'est la flamme *oxydante*. En dedans est un cône plus court *r*, d'un bleu plus foncé, dans lequel l'oxygène de l'air n'a pas accès. Il est formé uniquement des vapeurs combustibles, qui sont chauffées à une haute température. Le carbone, l'hydrogène de ces vapeurs réduisent les oxydes métalliques qu'on plonge dans cette partie de la flamme. Voilà pourquoi on l'a appelée flamme *réduisante*.

Fig. 29.

Nous passerons maintenant en revue les principaux essais qui se font au chalumeau, en commençant par la fusibilité.

Pour étudier la fusibilité d'un minéral, on en prend un éclat très mince entre les extrémités des pinces de platine, et on observe si la fusion a lieu et de quelle manière elle se fait ; si c'est tranquillement ou avec boursouflure, bouillonnement ; si la masse fondue a l'aspect d'un verre, d'un émail ; si elle est bulleuse ; si

Fig. 29.— Action du chalumeau *c* sur la flamme d'une bougie. Flamme oxydante *o* et réduisante *r*.

elle change ou non de couleur, etc. Puis on passe aux essais suivants.

Essais dans le matras.—On laisse tomber la matière à étudier au fond du matras, puis on chauffe graduellement dans la flamme seule et enfin à l'aide du chalumeau. On observe s'il y a dégagement d'eau, ce qui arrive pour les hydrates. A l'aide du papier à réactif on voit si cette eau est neutre, acide ou basique. On remarque encore s'il se dégage des gaz, et quels ils sont. Quelquefois il y a formation d'un sublimé. On remarque avec soin la nature de ce sublimé.

Certaines combinaisons d'arsenic, d'antimoine, de mercure, de tellure, de sélénium, le soufre ainsi que les sels d'ammoniaque, donnent des sublimés ordinairement caractéristiques par leur couleur ou leur aspect. Les matières organiques donnent aussi des sublimés, liquides ou solides, ordinairement avec des dépôts de charbon. Pour avoir le sublimé de mercure ou d'arsenic, il faut souvent mélanger la matière avec de la soude. Pour certains composés arsénicaux, il suffit d'ajouter une esquille de charbon. On reconnaît les azotates en les chauffant avec du bisulfate de potasse.; il y a dégagement de vapeurs rutilantes. L'ammoniaque se reconnaît à son odeur caractéristique qui devient sensible lorsqu'on chauffe le composé avec un fragment de potasse.

Essais dans le tube ouvert.—Ce tube peut avoir quatre ou cinq pouces, il est légèrement courbé au milieu. C'est dans cet endroit qu'on met la substance à examiner, et on chauffe. L'odeur qui se dégage est souvent caractéristique. Odeur sulfureuse : sulfures ; odeur d'ail : arséniures ; odeur de raifort : séléniures. Il se forme encore un sublimé qu'il est important de bien examiner.

Essais sur le charbon.—On ne se sert que de charbon de bois. Il doit être compact et parfaitement cuit. Au

moyen d'une fraise ou d'un couteau, on y pratique une petite cavité où l'on met la substance à essayer. Puis on chauffe graduellement en notant scrupuleusement tous les phénomènes.

La matière fondra ou restera infusible. On remarquera si elle change de couleur, si elle dégage une odeur, si elle devient alcaline dans le feu de réduction. Les oxydes de fer donnent une masse qui agit sur une aiguille aimantée. La couleur de l'enduit qui entoure l'essai est aussi caractéristique. Jaune à chaud, blanc à froid : zinc ; jaune brun : cadmium ; jaune avec grain métallique malléable : plomb ; jaune, grain métallique cassant : bismuth ; blanc, grain métallique cassant : antimoine ; grain métallique sans enduit : or, argent, étain.

Essais à la soude.—On opère comme ci-dessus après avoir ajouté un peu de soude desséchée à la substance à essayer. Les réactions que nous venons de décrire se font alors beaucoup plus facilement.

De plus, le manganèse donne une masse verte ; le chrome et le vanadium, une masse jaune. Cette réaction se fait mieux en ajoutant un peu de nitre et en chauffant sur une lame de platine ou dans une coupelle d'os. Les sulfates donnent toujours un hépar qui tache en brun une lame d'argent humectée d'une goutte d'eau. La soude sert encore à désagréger les silicates dans la cuiller de platine.

Essais par la coloration de la flamme.—On prend la matière en éclats minces avec les pinces à bout de platine, ou, lorsqu'elle est en poudre, avec un fil de platine, et on chauffe à l'extrémité de la flamme de réduction. On remarque avec précaution la teinte que prend la flamme. On regarde tantôt à l'œil nu, tantôt à travers un verre de cobalt.

Coloration rouge.—Strontiane, chaux et lithine, surtout si, après avoir chauffé fortement, on humecte d'une goutte

d'acide chlorhydrique. Si ces bases sont mélangées, on voit la coloration rouge jaunâtre de la chaux d'abord, puis la teinte pourpre de la strontiane. Un verre bleu de cobalt absorbe les colorations de la chaux et de la lithine, mais laisse voir celle de la strontiane.

Coloration jaune.—Soude ; coloration invisible à travers le verre bleu.

Coloration verte.—Les minéraux de baryte, chauffés très fortement et en très petite quantité à l'extrémité de la flamme réduisante, donnent une teinte vert jaunâtre ; une goutte d'acide chlorhydrique favorise la réaction. Les minéraux cuivreux donnent une coloration vert d'émeraude ; s'il y a du chlore en présence, on obtient une coloration d'un bleu bordé de pourpre. Les phosphates humectés d'acide sulfurique et présentés à la flamme, de manière à en toucher à peine les bords, donnent une coloration d'un vert bleuâtre très pâle. Pour les borates, on humecte d'acide sulfurique et on introduit dans la flamme sans souffler : coloration vert d'émeraude.

Coloration bleue.—La chlorure de cuivre colore la flamme en bleu bordé de pourpre. Cette propriété sert à faire reconnaître la présence du chlore dans un minéral. On sature d'oxyde de cuivre une perle de sel de phosphore, en ajoutant la matière chlorée on obtient la coloration du chlorure de cuivre. Les iodures, traités de la même manière, donnent une coloration vert d'émeraude. et les bromures une coloration bleu verdâtre, difficile à définir.

Coloration violette.—Les sels de potasse ; mais il faut regarder la flamme avec le verre bleu pour se débarrasser de la coloration de la soude qui existe presque toujours.

Essai des silicates.—Pour les silicates qui contiennent souvent plusieurs bases terreuses et alcalines, les couleurs caractéristiques ne sont pas visibles facilement. Il faut commencer par chauffer le silicate dans la cuiller de platine avec du fluorure d'ammonium, pour volatiliser le silicium ; la masse restante, humectée d'acide chlorhydrique, donnera les réactions. La coloration violette due à la potasse est d'une sensibilité extrême. Si le minéral contient de la lithine, on verra

à l'œil nu la coloration rouge, puis au verre bleu la teinte pourpre de la potasse. Le chlorure de calcium ou de baryum peut remplacer le fluorure d'ammonium ; il suffit de faire un mélange du silicate et d'un de ces réactifs, de le prendre à l'extrémité d'un fil de platine et de l'introduire dans la flamme, même sans souffler, pour voir après quelques instants la coloration de la potasse. Ordinairement, le plus simple est d'humecter à plusieurs reprises le silicate avec une solution concentrée de chlorure de calcium et de l'introduire dans la flamme. Pour reconnaître l'acide borique, on chauffe le silicate, sur un fil de platine, avec un mélange de spath-fluor et bisulfate de potasse ; on obtient alors une coloration vert d'émeraude.

Essais au borax.—On fait une perle de borax à l'extrémité d'un fil de platine recourbé, puis on y dissout une *petite* portion de la substance à essayer. On doit observer avec soin les couleurs de la perle dans la flamme d'oxydation et de réduction, à chaud et à froid.

Voici les couleurs les plus caractéristiques. Minérais de fer : jaune plus ou moins foncé dans la flamme d'oxydation et vert bouteille dans la flamme de réduction. Minérais de manganèse : violet dans la flamme d'oxydation et incolore dans la flamme de réduction. Composés de chrome et de vanadium : vert dans les deux flammes. Cobalt : bleu dans les deux flammes. Urane : jaune dans la flamme d'oxydation, vert à la flamme de réduction. Composés de cuivre : bleu à la flamme d'oxydation, rouge opaque à la flamme de réduction.

Le sel de phosphore donne des perles à peu près semblables au borax, sauf le vanadium qui donne une perle jaune à la flamme oxydante, et l'urane une perle verte à la flamme oxydante. La silice ne se dissout pas dans ce sel, mais laisse un squelette qui nage dans la perle.

Le Nitrate de cobalt peut servir pour la détermination des bases terreuses. On humecte ces bases

d'une goutte d'une dissolution de ce sel, puis on chauffe fortement.

L'alumine bleuit, la magnésie devient couleur de chair, et l'oxyde de zinc donne une masse verte. Ces réactions ont encore lieu avec plusieurs combinaisons de ces oxydes.

Le SPECTROSCOPE peut rendre de très grands services, surtout pour la détermination des bases alcalines.

Dans le cas des silicates, il faut commencer par éliminer la silice à l'aide du fluorure d'ammonium, puis on humecte d'acide chlorhydrique. Comme les chlorures ne sont pas également volatils, on voit successivement les spectres des différents métaux. Signalons en passant les raies caractéristiques de ces bases alcalines. *Soude*, une raie jaune. *Chaux*, une raie verte et une raie rouge. *Lithine*, une seule raie rouge, plus éloignée que celle de la chaux. *Potasse*, une raie d'un rouge sombre, plus éloignée que celle de la lithine. *Strontiane*, une raie orangée très près de la raie du sodium, plusieurs raies rouges, une ligne bleue. *Baryte*, série de lignes vertes, très serrées les unes contre les autres. D'ailleurs le micromètre que porte tout spectroscope, permet de localiser rigoureusement ces lignes par rapport à la raie du sodium qui sert de point de repère.

ARTICLE DEUXIÈME

Essais par voie humide

Cette espèce d'analyse étant particulièrement du ressort de la chimie, nous en dirons peu de chose. Elle se pratique au moyen de réactifs liquides ou dissouts, qu'on fait agir sur la substance préalablement dissoute

dans un liquide approprié. L'examen de l'action de l'eau sur le minéral, de l'action des acides, pourra rendre de grands services. On devra remarquer encore de quelle manière le minéral se dissout dans les acides, s'il y a effervescence, formation de gelée, etc.

Les fluorures se reconnaissent facilement en ce qu'ils laissent dégager l'acide fluorhydrique sous l'action de l'acide sulfurique.

Avec les tellurures, l'acide sulfurique donne, lorsqu'on chauffe doucement, une liqueur pourpre ou couleur hyacinthe, qui, par l'addition de l'eau, se décolore avec formation d'un précipité gris noir de tellure.

L'acide phosphorique sirupeux donne avec les tungstates une réaction très caractéristique. On chauffe les tungstates avec cet acide jusqu'à ce qu'il commence à émettre des vapeurs, on obtient un sirop d'un bleu foncé qui se décolore par l'addition de l'eau ; en ajoutant alors de l'étain ou du fer en poudre, la coloration reparaît. Avec les minérais de manganèse on obtient un sirop d'un beau violet ; que le manganèse soit à l'état de protoxyde ou de sesquioxyde. Lorsqu'il y a du protoxyde, la masse est incolore et devient violette par l'addition de l'acide azotique et en chauffant de nouveau. C'est là le meilleur moyen pour reconnaitre le degré d'oxydation de ce métal.

Les minéraux qui résistent aux acides peuvent être attaqués par la fusion avec le carbonate de soude, au creuset de platine ou avec la potasse au creuset d'argent. On reprend ensuite par l'acide chlorhydrique, sauf le cas des sulfures terreux que l'on traite par l'eau ; on élimine la silice en évaporant à sec et en reprenant par l'eau acidulée, dans le cas des silicates. Enfin certains minéraux ne peuvent être attaqués qu'au bisulfate de potasse, et les composés de carbone ne s'attaquent que par la fusion avec le nitre qui les change en carbonate de potasse.

ARTICLE TROISIÈME

—

Analyse quantitative.

Cette analyse est extrêmement délicate et exige une grande pratique. Nous n'en dirons rien, renvoyant ceux qui désireraient se livrer à ce genre de recherches, aux traités spéciaux écrits sur cette matière.

Nous signalerons en terminant le système d'annotation employé souvent en minéralogie pour écrire les formules chimiques.

L'oxygène se représente par un point que l'on met au-dessus de l'élément oxygéné. Si ce gaz entre pour deux équivalents dans la combinaison, on mettra deux points. Ainsi, au lieu d'écrire CaO, CO, CO^2, on écrira $\dot{C}a$, $\dot{C}$, $\ddot{C}$. Le soufre se représente par une virgule que l'on place comme le point de l'oxygène, $Fe\,S^2 = \ddot{F}e$. Dans les cas des sesquioxydes, des sesquisulfures, le symbole du métal est traversé par une barre. $Al^2O^3 = \dddot{\bar{A}l}$. $Fe^2S^3 = \dddot{\bar{F}}e$.

CHAPITRE TROISIÈME

MINÉRALOGIE DESCRIPTIVE

CLASSIFICATION

Tout arrangement méthodique qu'on peut faire entre différents corps est appelé classification. Ces arrangements consistent d'abord à réunir les substances en groupes étendus, grâce à des caractères généraux, puis à diviser ces groupes en d'autres plus petits, à l'aide de propriétés plus particulières ; de telle sorte qu'après une série quelconque de divisions et de subdivisions, on arrive à un groupe assez restreint, dont les parties composantes se ressemblent dans leurs principaux caractères, et qu'on appelle *espèce*. On donne le nom de *genre* à la réunion de plusieurs espèces voisines. Plusieurs genres réunis constituent une tribu ; puis, à un degré supérieur, sont placées les familles et les classes.

En minéralogie on peut dire qu'il n'y a pas de classification généralement adoptée. Chaque auteur suit le

système qui lui va le mieux. C'est à peine s'il y a entente sur la définition de l'espèce.

Espèce.—On peut définir l'espèce minéralogique : *l'ensemble des corps qui ont même molécule chimique et même molécule physique.*

Les caractères distinctifs des espèces sont souvent très nombreux, mais on peut mentionner en première ligne, la forme cristalline, la structure régulière, les couleurs propres, la réfraction simple ou double, la densité et la composition chimique.

Variété.—Les espèces minéralogiques sont peu nombreuses, mais en revanche, les variétés le sont beaucoup plus. Celles-ci sont fondées sur des différences dans les propriétés physiques secondaires, comme les formes accidentelles, la structure irrégulière, la transparence, la ténacité, l'odeur, etc. Quelquefois encore, elles sont constituées par des mélanges de substances étrangères. Si la substance mélangée est en petite quantité, on a une variété *souillée* : le Quartz enfumé, la fausse Topaze. Si la substance étrangère est en grande quantité, la variété est plus spécialement dite variété de mélange : le Silex, la Calcédoine, par rapport au quartz. Dans certains cas même, le mélange présente un tel degré de constance qu'on en a fait comme une espèce véritable ; exemple : le Jaspe, qui, pour plusieurs minéralogistes, est une espèce voisine, mais distincte, du quartz.

Sans entrer dans la discussion du mérite relatif des différentes classifications adoptées par les minéralogistes, nous nous contenterons de dire que nous rangerons les

espèces d'après le principe acide de chacune d'elles. Les silicates, qui à eux seuls en constituent un si grand nombre, exigeront nécessairement un ordre à part.

CLEF ANALYTIQUE

Cette clef a été faite uniquement pour permettre à l'élève de déterminer facilement et avec un petit nombre de réactifs, les espèces minérales qui se rencontrent le plus souvent en Canada et qui ont une importance réelle, soit à cause de l'usage qu'on en fait, soit à cause des dépôts considérables qu'elles constituent. Dans quelques circonstances, la clef ne conduit qu'à un groupe d'espèces, comme les feldspaths et les micas; l'élève alors déterminera facilement l'espèce au moyen des caractères que nous donnons en son lieu pour chacune d'elles. Les chiffres entre parenthèse renvoient au numéro d'ordre des espèces décrites dans cet ouvrage.

Cette clef ne s'applique qu'aux espèces minérales proprement dites. Les roches qui composent la plupart des lits géologiques n'y entrent pas. Nous en parlerons plus loin dans la géologie lithologique.

1 Eclat métallique ou métalloïde..... 2
Eclat non métallique..... 11
2 Raye le verre, n'est pas rayé par la pointe d'un canif..... 3
Facilement rayé par la pointe d'un canif..... 5
3 Donne la réaction du soufre au chalumeau..... 4

Non ; poussière rouge sombre.....*Fer spéculaire*, [*Oligiste* (34)
poussière noire ou brune.....*Fer titané* (35)
4 Souvent cristallisé en cubes ; jaune bronze....*Pyri*- [*tes* (29)
5 Malléable..... 6
Non malléable..... 7
6 Jaune d'or.....*Or* (40)
Blanc d'argent.....*Argent* (39)
7 Structure lamellaire..... 8
Structure compacte..... 10
8 Toucher gras, feuillets non élastiques..... 9
Feuillets élastiques.....*Micas* (14)
9 Densité 2.....*Graphite* (19)
10 Gris plomb ; se brisant sous le marteau en frag- ments cubiques.....*Galène* (30)
Jaune ; faiblement magnétique...*Pyrites magnéti*- [*ques* (29)
Jaune bronze ou violet ; non magnétique...*Chal*- [*copyrites* (31)
Noir, ou jaune rouille, donne de l'eau dans le tube, magnétique après ignition..... *Limonite* (36)
Noir ; combustible...*Anthracite* (20) *Houille* (21) [*Lignite* (22)
11 Raye le verre ; non rayé par la pointe d'un canif 12
Facilement rayé par la pointe d'un canif.....18
12 Infusible..... 13
Fusible..... 15
13 Cristallisé en prismes hexagonaux.....*Quartz* (1)
Amorphe..... 14
14 Ne donnant pas d'eau dans le matras...*Calcédoine*, [*Jaspe*, *Silex* (1)

Donnant de l'eau.....*Opale* (2)

15 Difficilement fusible ; deux clivages à peu près rectangulaires.....*Feldspaths* (8)

Facilement fusible..... 16

16 Cristaux cubiques ; éclat cireux ; rouge, pourpre, brun.. ....*Grenat* (13)

Non..... 17

17 Petits cristaux clinorhombiques ou masses fibreuses ; souvent associés au calcaire métamorphique ou aux éjections trappéennes.....*Amphi-*
[*boles* (7) *Pyroxènes* (8)

18 Poussière blanche ou peu colorée..... 19

Poussière colorée..... 29

19 Ne donnant pas d'eau dans le matras..... 20

Donnant de l'eau..... 24

20 Faisant effervescence à froid avec les acides,
[*Calcaire* (27)

Ne faisant pas effervescence à froid.....21

21 Faisant effervescence à chaud.....*Dolomie* (27)

Ne faisant pas effervescence à chaud.....22

22 Densité 4.4.....*Barytine* ou *Spath pesant.*

Densité au-dessous de 4.0.....23

23 Infusible ; prismes hexagonaux souvent arrondis ; vert, rougeâtre.....*Apatite* (28)

Fusible, clivable en lames minces et élastiques.....
[*Micas* (22)

24 Cristallisé.....25

Amorphe 27

25 Lamelles élastiques.....*Micas* (14)

Lamelles non élastiques..... 26

26 Toucher gras.....*Talc* (6)
Toucher doux; donnant beaucoup d'eau dans le matras.....*Gypse* (32)
27 Donnant beaucoup d'eau dans le matras..*Gypse* (32)
Donnant peu d'eau..... 28
28 Facilement rayé avec l'ongle.....*Stéatite* (6)
Plus dur.....*Serpentine* (7)
29 Poussière brune, ou jaune brun..... 30
Poussière rouge, brune.....*Oligiste* (34)
Poussière noire.....*Houille, Lignite* (21)
30 Magnétique après ignition.....*Limonite* (36)

SILICIDES

1. QUARTZ.—*Propriétés.*—Système hexagonal; le plus souvent sous forme de prisme hexagonal droit terminé par une pyramide à six pans, fig. 30 et 31. Parmi les nombreuses autres faces qui ont été observées dans le Quartz, citons la face rhombe *s* et la face plagièdre *x*, fig. 32 *a*. Elles sont hémiédriques, et leur position à droite ou à gauche de la face pyramidale *p* indique si le cristal est dextrogyre ou lévogyre.

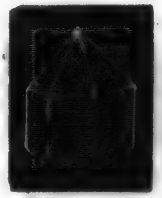


Fig. 30.

Fig. 31.

Les faces latérales sont toujours striées perpendicu-

Fig. 30.—Extrémité d'un prisme de Quartz.
Fig. 31.—Double pyramide de Quartz.

lairement aux arêtes, fig. 33. Le Quartz est très fréquemment maclé. Quand les mâcles ont lieu par pénétration mutuelle, on ne peut découvrir leur existence que par l'examen, dans la lumière polarisée parallèle, d'une tranche perpendiculaire à l'axe.

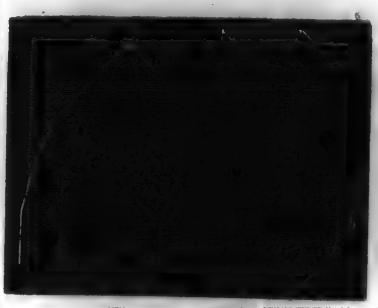


Fig. 32.

Fig. 33.

Clivage à peu près nul. Cassure conchoïdale. Transparent ou translucide. Double réfraction *positive*. Polarisation rotatoire. Eclat vitreux, résineux. Couleur variable. Dur.=7.0. Dens.=2.5 à 2.8. Infusible au chalumeau. Insoluble dans tous les acides, sauf l'acide fluorhydrique. Fondu avec la soude, bouillonne et donne un verre clair. Le Quartz renferme souvent des cavités pleines de gaz ou de différents liquides.

Composition.—Acide silicique, SiO^2.

Variétés.—Plusieurs variétés colorées ont reçu des noms. Blanc, limpide : *Quartz hyalin* ; violet : *Améthiste* ; brun grisâtre : *Quartz enfumé* ; rose : *rubis de Bohème* ; jaune : *fausse Topaze*.

Fig. 32.—Cristaux de Quartz modifiés ; macles.
Fig. 33.—Stries des faces latérales des cristaux de Quartz.

L'*œil-de-chat* est une variété verdâtre, pénétrée d'Amianthe; donne des reflets chatoyants lorsqu'il est taillé en cabochon.

La *Calcédoine* est un mélange de Quartz cristallin et amorphe. En masses botryoïdes, réniformes, stalagmitiques; couleur variable. La variété rouge s'appelle *Cornaline;* la brune, *Sardoine;* le *Plasma* est vert olive; la *Chrysoprase*, vert pomme; l'*Héliotrope*, vert foncé avec taches rouges. L'*Agate* est une Calcédoine à couches concentriques colorées. Si les couleurs sont bien tranchées, on lui donne le nom d'*Onyx*. Les nuances des *Agates* deviennent plus tranchées si on les fait bouillir dans l'huile d'abord, et ensuite dans l'acide sulfurique. C'est avec les Onyx que se fabriquent les *camées*. Le *Silex* est une Agate grossière.

Le *Jaspe* est un Quartz compacte mêlé d'oxyde de fer anhydre ou hydraté. Le *Quartz lydien* ou *pierre de touche* est un Jaspe noir. Le Jaspe est toujours opaque.

Gisements.—Le Quartz est excessivement répandu dans la nature. Il est un des éléments constitutifs d'une foule de roches : granite, gneiss, syénite, micaschistes, etc. Les beaux cristaux de Quartz ne manquent pas au Canada. On trouve, au Lac Supérieur, de jolies Améthystes.

Usages.—Le Quartz est employé pour la confection de divers instruments d'optique, des verres de lunette, ainsi que dans la bijouterie.

2. Opale. — *Propriétés.* — Amorphe. Cassure conchoïdale. Transparente ou translucide. Eclat vitreux,

résineux. Couleur variée, quelquefois richement irisée Dur. 5.5 à 6.5. Dens. 1.9 à 2.3. Donne de l'eau dans le matras ; décrépite au chalumeau ; plus ou moins soluble à chaud dans la potasse.

Composition.—Silice, plus 3 à 12% d'eau.

Variétés.—*L'Opale de feu* est la plus précieuse. On appelle *Semi-opale* ou *Quartz résinite*, les variétés communes.

L'*Hydrophane* devient translucide lorsqu'on la mouille. La *Geyserite* est un dépôt fibreux de silice, qui se fait autour des Geysers.

Le *Tripoli* est constitué par les coquilles des diatomées et autres espèces microscopiques.

Gisements et usage.—L'Opale précieuse est une pierre recherchée. On la taille en cabochon. Elle vient surtout de la Hongrie et du Mexique. On trouve les Opales dans les cavités ou fissures des roches ignées, en rognons dans les lits argilleux, sous forme de bois pétrifiés, etc.

3. Argiles.—*Propriétés.*—Masses compactes, happant plus ou moins à la langue, faisant pâte avec l'eau.

Composition.—Ce sont des silicates d'alumine hydratés, produits de la décomposition des Feldspaths, des Micas et de quelques autres minéraux.

Espèces.—*Kaolin, Terre à porcelaine.* Prend peu de liant avec l'eau. Blanc jaunâtre. Dens. 2.4. Bleuit avec le nitrate de cobalt. Attaqué par l'acide sulfurique à chaud. Renferme souvent de la soude, de la magnésie, même du fer.

Se rencontre dans les pegmatites, les granites de

diverses contrées, comme produit de décomposition. Sert à fabriquer la porcelaine.

Argile plastique.—Blanche, grise, jaunâtre. Happe fortement à la langue ; forme une pâte très plastique. Onctueuse, très tendre. Dens. 1.7 à 2.7. Infusible. Attaquable à chaud par l'acide sulfurique surtout après calcination.

Se rencontre en abondance dans les formations secondaires et tertiaires. On l'emploie pour la fabrication des faïences, des poteries, etc.

Argile smectique, Terre à foulon.—Se délaye mal dans l'eau, absorbe facilement les corps gras. Onctueuse au toucher. Dens. 1.7 à 2.4.

Terre à brique.— Glaise ordinaire. Onctueuse. Prend beaucoup de liant avec l'eau. Renferme plus ou moins d'oxyde de fer qui la colore en rouge après la cuisson. Employée à fabriquer les briques et les poteries grossières.

Argiles ocreuses, ocres.—Colorées fortement par des sels de fer hydratés ou anhydres. Elle prennent différents noms suivant leur couleur. Les ocres contiennent assez souvent une proportion notable de sable, ce qui leur enlève toute valeur.

On trouve près de Québec, à Laval, à Stoneham, une terre blanche, très friable, employée comme pierre à polir. Bien qu'elle ressemble extérieurement aux argiles, elle est beaucoup plus riche en silice et se rapproche plutôt de la silice pure.

4. Amphiboles.—*Propriétés.*—Le nom Amphibole désigne plutôt un groupe qu'une espèce en particulier.

Ce groupe est constitué par la *Trémolite*, l'*Actinote* et la *Hornblende*, ayant même forme cristalline, clinorhombique, fig. 34, et les mêmes clivages. Dur. 5.5. Dens. 2.9 à 3.4.

Fig. 34.

Composition.—Silicates de magnésie et de chaux avec des quantités variables de protoxyde de fer.

Trémolite.—Amphibole blanche. En prismes allongés. Cassure imparfaitement conchoïdale. Translucide. Éclat souvent nacré. Blanche, verdâtre, grise. Fusible au chalumeau avec bouillonnement en un verre blanc. Se rencontre dans les calcaires laurentiens, près des chutes du Calumet et dans l'Etat de New-York. Le *Jade* est une trémolite compacte. Il sert à faire des vases qui nous viennent surtout de la Chine.

Variétés.—*Cuir, liège, carton* et autres *minérais de montagne, asbeste.*

Actinote.—Cristaux souvent radiés, fibreux. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Vert de diverses nuances. Renferme une proportion notable de protoxyde de fer qui lui donne sa couleur.

Hornblende.—Opaque en masse, translucide en lames minces. Noir ou vert foncé. Presque insoluble dans les acides. La proportion de protoxyde de fer y est plus grande que dans l'Actinote, aussi sa couleur est-elle plus foncée. Elle renferme de plus de l'alumine.

La Hornblende est très répandue ; elle forme partie essentielle des syénites, diorites, etc.

Fig. 34.—Cristaux prismatiques d'Amphibole.

5. Pyroxènes.—*Propriétés.*—Groupe qui a de grandes analogies avec les Amphiboles. Trois espèces : *Diopside, Sahlite, Augite.* Toutes ont même forme cristalline : clinorhombique, fig. 35. Ce qui les distingue des Amphiboles est la valeur des angles des faces latérales. Dans les premières, l'angle des faces I I égale 124° 11′ ; dans les pyroxènes, cet angle égale 87° 5′. Voilà pourquoi les pyroxènes ont souvent l'apparence de prismes carrés. Dur. 5 à 6. Dens. 3.23 à 3.5.

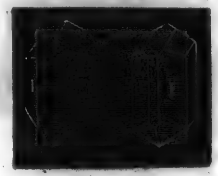


Fig. 35.

Diopside.—Prismes souvent maclés. Cassure conchoïdale ou inégale. Eclat vitreux. Incolore, blanc, vert, gris. Fusible en verre blanc. Insoluble dans les acides. Le *Diallage* est un pyroxène feuilleté. Gris verdâtre ou foncé. Eclat nacré, quelquefois métalloïde. Dur. 4. Commun dans les roches serpentineuses.

Sahlite.—Gris verdâtre ou vert foncé. Cristallin ou en masse granulaire. Renferme un peu de protoxyde de fer, comme l'Actinote.

Augite.— Cristaux souvent maclés. Fusible en verre noir. Contient une forte proportion d'alumine et de protoxyde de fer. Se trouve dans toutes les roches volcaniques. Les dolérites des environs de Montréal à Rougemont, Montarville, etc., contiennent souvent des cristaux d'Augite.

La *Bronzite* est une espèce voisine des pyroxènes.

Fig. 35.—Cristaux de pyroxène.

6. TALC.—*Propriétés.*—Lames hexagonales; clivage très facile parallèlement à la base et paraissant provenir d'un prisme rhomboïdal droit. Translucide. A travers une lame de clivage on voit au microscope polarisant deux axes optiques peu écartés. Eclat nacré. Blanc, verdâtre ou gris. Flexible non élastique. Rayé par l'ongle. Très onctueux. Dur. 1. Dens. 2.7. Fond à peine sur les bords. Coloration rose au cobalt. Inattaquable par les acides.

Composition. — Silicate de magnésie hydraté; contient souvent un peu d'oxyde de fer et d'alumine.

Variétés.—La *Stéatite* est une variété compacte de Talc. Sous le nom de *Craie de Briançon*, elle sert aux tailleurs comme pierre à tracer. S'emploie aussi en poudre pour diminuer les frottements. La *Pierre ollaire* tient le milieu entre le Talc et la Serpentine. On en fait des calorifères et des vases pour la cuisson des aliments.

Gisements.—Le Talc est rare dans les terrains laurentiens, mais se rencontre fréquemment dans les terrains métamorphiques des Cantons de l'Est, en amas puissants, dans le voisinage des Serpentines.

7. SERPENTINE.—*Propriétés.*—Masses compactes ou fibreuses. Cassure conchoïdale, écailleuse ou inégale. Translucide ou opaque. Eclat faiblement résineux ou gras. Vert foncé ou pâle, jaune, grise, brune. Dur. 3. Dens. 2.4.-2.6.

Noircit dans le matras et donne de l'eau. Fond à peine sur les bords. Coloration rose au cobalt. Attaquable par l'acide chlorhydrique sans faire de gelée.

Composition.—Silicate de magnésie plus hydraté que le talc. Renferme souvent du protoxyde de fer.

Variétés.—Les *Serpentines nobles* sont translucides, les *communes* sont opaques et ont des teintes plus pauvres. Les premières servent à divers ornements.

Gisements.—On trouve la Serpentine dans nos roches laurentiennes. Dans les Cantons de l'Est, elles forment de véritables montagnes. On trouve ces masses sillonnées souvent par des veines de *Chrysotile* fibreuse, à fibres perpendiculaires aux lèvres de la veine. C'est ce dernier minéral qu'on exploite sous le nom d'*Asbeste* ou d'*Amiante.* La véritable Asbeste est une Trémolite fibreuse. La *Chrysotile* n'est qu'une Serpentine fibreuse. Cette exploitation prend une importance plus grande de jour en jour. On exporte le minéral à l'étranger où il est employé à une foule d'usages.

FELDSPATHS.—On groupe sous le nom de Feldspath plusieurs espèces qui ont entre elles une telle analogie qu'il est souvent difficile de les distinguer les unes des autres. Voici leurs caractères communs. Dens. 2. 7. Dur. 6 à 7. Fusibilité, 3 à 5; système anorthique ou clinorhombique, fig. 36, l'angle *mm* des prismes égalant à peu près 120°. Deux clivages bien marqués à peu près rectangulaires.

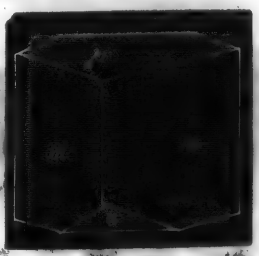


Fig. 36

Se trouve assez souvent en une pierre compacte appelée *Pétrosilex.*

Fig. 36.—Forme type des cristaux de Feldspath.

Composition. — Ce sont des silicates d'alumine et d'un protoxyde qui est généralement potasse, soude, chaux et quelquefois baryte. En voici les principales espèces :

8. *Orthose.*—Clinorhombique, fig. 36 et 37. Deux clivages rectangulaires, l'un parfait suivant *n*, un autre moins facile suivant *f*. Transparent ou translucide. Eclat vitreux, nacré suivant *n*. Dur. 6. Humecté de chlorure de calcium, donne avec le verre bleu une coloration pourpre à la flamme. Macles très fréquentes et très remarquables. avec Kaolin pour porcelaine

Composition.—Silicate d'alumine et de potasse.

Fig. 37.

Variétés. — L'*Adulaire* est transparent ; le vert est appelé *Pierre des amazones*, la *Pierre de lune* est un beau Feldspath à reflets nacrés, employé en bijouterie.

Usages.—Employé pour la fabrication des porcelaines et des émaux.

Gisement.—Très abondant dans les roches laurentiennes ; il est un des éléments du granite. On rapporte à l'Orthose, la *Rétinite*, la *Perlite*, l'*Obsidienne*, les *Ponces* et autres roches volcaniques.

9. *Albite.*—Triclinique ; $mm = 120^{0}47'$. Les deux clivages *ne sont pas tout à fait rectangulaires. Faces f* et *n le plus souvent striées.* Blanche, grise ou jaunâtre.

Fig. 37.—Cristaux d'Orthose montrant la forme ordinaire et une des macles les plus fréquentes ; *n* et *f* indiquent les faces de facile clivage.

Composition.—Silicate d'alumine et de soude.

10. *Oligoclase.*—Anorthique. Clivages légèrement obliques l'un par rapport à l'autre. Faces *n* et *f* striées dans un autre sens que celles de l'Albite.

Composition.—Silicates d'alumine, de soude et de chaux ; cette dernière ne dépasse pas 4%.

11. *Labradorite.* — Anorthique. En masses laminaires ou clivables. Plans de clivage non rectangulaires. Striée sur les plans de clivage. Reflets souvent irisés. En grande partie attaquable par l'acide chlorhydrique.

Composition.—Silicate d'alumine, de soude et de chaux, la soude ne depassant pas 5%.

Gisements.—La Labradorite se rencontre en abondance dans les terrains canadiens et particulièrement dans la division éozoïque. De magnifiques échantillons viennent du Château-Richer et d'autres points de la côte nord, surtout le long de la décharge du lac St-Jean, depuis Chicoutimi jusqu'au lac, et à St-Jérôme, près de Montréal. Les gisements par excellence se trouvent sur les côtes du Labrador et sur la rive nord du golfe Saint-Laurent.

12. *Anorthite.* — Anorthique. Petits cristaux de même forme que l'Albite. Clivage de l'Oligoclase. Fusible.

Composition.—Silicate d'alumine et de chaux.

13. GRENAT. — *Propriétés.*— Cubique. Dodécaèdre rhomboïdal ou trapézoèdre, fig. 38. Masses compactes ou grenues. Dur. 6.5 à 7.5. Dens. 3.15 à 4.3. Eclat vitreux, résineux. Rouge, jaune, vert, noir. Transparent ou translucide. Cassure conchoïdale. Friable. Les Grenats sont assez facilement fusibles au chalumeau.

Composition.—C'est un silicate très compliqué de sesquioxydes et de protoxydes.

Variétés.—M. E. Dana en distingue trois groupes suivant la nature du sesquioxyde qui prédomine. Le Grenat *alumineux*, le Grenat *ferrugineux* et le Grenat *chromé*. C'est dans ces trois groupes que se placent les variétés ou espèces si nombreuses des Grenats. Le Grenat *almandin*, qui est très fusible, appartient au groupe des ferrugineux.

Fig. 38.

Gisements.—Se rencontre assez souvent dans les schistes, gneiss, etc., des terrains laurentiens. Les variétés limpides sont employées en bijouterie.

On appelle *Idocrase*, un minéral dont la composition ressemble à celle du Grenat, mais qui cristallise dans le système quadratique.

MICAS.—Encore un groupe naturel de plusieurs espèces, souvent difficiles à distinguer les unes des autres.

Propriétés.—On rencontre les Micas cristallisés dans le système hexagonal et rhombique, l'angle de ce dernier prisme étant de 120°. Clivage éminent, parallèle à la base du prisme. L'axe optique ou le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de clivage. Eclat nacré, métalloïde. Dur. 2.5. Dens. 2.9. Les Micas

---

Fig. 38.—Cristaux de Grenat : dodécaèdre rhomboïdal et trépézoèdre.

magnésiens et potassiques sont peu fusibles, les Micas lithiques fondent facilement en colorant la flamme en rouge.

Composition.—Les Micas sont des silicates de sesquioxydes et de protoxydes ; les sesquioxydes pouvant être, Al^2O^3, Fe^2O^3, et les protoxydes MgO, KO, NaO LiO. La potasse et l'alumine y sont presque toujours contenues. La présence de la potasse se décèle par le chlorure de calcium dont on humecte le minéral avant de le plonger dans la flamme du chalumeau. Le verre bleu permet alors de voir la teinte pourpre du potassium. Les Micas renferment souvent du fluor.

14.—Les principales espèces sont : *Phlogopite.*—Bases : potasse, magnésie et alumine. Difficilement fusible. Jaune ou brun. Très commun dans les terrains laurentiens. On le trouve en lames, mêlé avec le Calcaire, le Pyroxène et le Quartz.

15. *Biotite.*—Couleur foncée. Composition des plus complexe. Renferme assez de fer pour donner au chalumeau la réaction de ce métal.

16. *Muscovite.*—Blanc ou pâle. Contient de l'eau. Bases : alumine, potasse et un peu de magnésie et de fer.

17. *Lépidolite.*—Mica lithique. Rose. Donne la réaction du lithium.

Gisements et usage.—Les terrains canadiens sont riches en Mica, soit à l'état de micaschistes, soit sous forme de lames régulièrement cristallisées. Quelques gisements ont été et sont encore exploités dans les environs d'Ottawa. Le mica en grandes lames est employé quelquefois comme verre à vitre. On s'en sert surtout pour les poêles à charbon.

CARBONIDES

18. DIAMANT. — *Propriétés.* — Cubique. Formes plus ou moins modifiées ou arrondies, fig. 39. Clivable. Transparent ou translucide. Eclat vif. Couleur variée. Dur. 10. Dens. 3.5 à 3.6. Infusible.

Fig. 39.

Composition. — Carbone pur cristallisé.

Gisements. — Se trouve dans les conglomérats quartzeux et surtout dans les sables d'alluvion. Localités : Indes, Bornéo, Brésil, Cap de Bonne-Espérance.

Usages. — Employé en bijouterie. La plus précieuse des gemmes, surtout s'il est bien limpide. On le taille avec sa poudre. On trouve au Brésil des diamants noirs qui servent à tailler les autres, ou à faire des burins destinés à percer des trous de mines. Un seul diamant, le Régent de France, bien qu'il ne pèse que 139.25 carats ou 419 grains, vaut plus de $500,000. Le diamant doit une bonne partie de son éclat à la taille qui quelquefois lui enlève près de la moitié de son poids.

19. GRAPHITE. — *Propriétés.* — Eclat métallique. Masse écailleuse. Grasse au toucher. Noir de fer ou gris d'acier. Dens. 2.09 à 2.23. Infusible. Plongé-

Fig. 39. — Cristaux de diamant, forme ordinaire.

Les gros diamants en 1985 3.037 carats

dans une dissolution de sulfate de cuivre avec une pince de zinc, se recouvre immédiatement de cuivre métallique.

Composition.—Carbone presque pur.

Usages.—Sert à fabriquer les crayons, certains creusets ; employé aussi comme lubréfiant.

Gisements.—Les plus riches dépôts de Graphite, en Canada, existent dans les terrains laurentiens. On les trouve sous forme de veines ou de filons de plusieurs pouces d'épaisseur. Ces dépôts sont souvent près des calcaires de la même époque géologique.

20. ANTHRACITE.—*Propriétés.*—Amorphe. Cassure conchoïdale. Eclat métalloïde. Noir. Dens. 1.3 à 1.75. Brûle difficilement. Détonne si on le chauffe avec du nitre. Ne donne aucune teinte à une lessive chaude de potasse. Se trouve en Pensylvanie, en Europe et au Nord-Ouest canadien. Employé comme combustible.

21. HOUILLE.—*Propriétés.*—Amorphe. Noir. Très fragile. Dens. 1.25 à 1.34. Dur. 2 à 2.5. Brûle avec une flamme plus ou moins longue et répand une odeur bitumineuse. Colore en jaune pâle une lessive chaude de potasse. Les Houilles *grasses* brûlent avec une flamme longue, fondent et s'agglutinent plus ou moins dans les foyers. Les Houilles *maigres* brûlent avec une flamme courte, sans s'agglutiner. Employée pour le chauffage, la métallurgie, la préparation du gaz d'éclairage, etc.

Gisements.—Il n'y a pas de mine de houille dans la province de Québec, bien qu'on puisse trouver certaines

La houille est littée (déposée par lits).

substances charbonneuses en différents endroits qui sont plutôt de la classe des bitumes oxydés. Il y aurait, paraît-il, à Gaspé, un lit de Lignite exploitable. Dans la Nouvelle-Ecosse, le Nouveau-Brunswick et le Nord-Ouest, il y a des mines de houille très riches.

22. LIGNITE. — *Propriétés.* — Amorphe. Poussière brune. Brûle avec une odeur désagréable. Colore en brun une lessive chaude de potasse. Possède ordinairement la structure du bois. Dens. 0.5 à 1.25. Sert au chauffage. Une variété, le *Jayet*, est employée dans la bijouterie. La *Terre de Cologne* ou *Terre d'Ombre* est un Lignite terreux, employé comme peinture.

23. TOURBE.—La Tourbe est un produit moderne, se rapprochant du Lignite, et formée par des végétaux en décomposition. Structure spongieuse. Composition analogue à celle du Lignite.

La province de Québec renferme d'immenses tourbières, à la Rivière-Ouelle, à St-Henri, dans les Cantons de l'Est, dans le district de Montréal et ailleurs.

24. PÉTROLE.—*Propriétés.*—Liquide jaune ou brun foncé. Dens. 0.7 à 0.9. Odeur aromatique ou bitumineuse. Bout au-dessous de 100°. Peu soluble dans l'alcool.

Composition.—Composé de plusieurs carbures d'hydrogène. Employé pour l'éclairage et comme dissolvant.

Gisements.—Se trouve en abondance dans la Pensylvanie, où certains puits sont exploités depuis des

années et semblent inépuisables. Le pétrole se rencontre en petite quantité dans beaucoup de nos terrains siluriens inférieurs surtout dans les calcaires trentoniens. Dans le voisinage de Gaspé, le pétrole sort en assez grande quantité des terrains dévoniens. Le pétrole existe en abondance et est exploité en plusieurs endroits des terrains dévoniens d'Ontario.

25. Asphalte. — *Propriétés.* — Bitume amorphe. Eclat résineux. Noir de poix ou brunâtre. Dur. 2. Dens. 1.1 à 1.2. Facilement fusible. Brûle avec une flamme fuligineuse. Donne, par le frottement, une odeur bitumineuse.

Gisements. — Les bitumes se rencontrent fréquemment dans les terrains paléozoïques. Dans le *Groupe de Québec*, on trouve une matière charbonneuse qui se rapproche assez des bitumes. Elle est extrêmement friable, et brûle avec une flamme fuligineuse ; elle remplit certaines fissures des lits de cette formation. C'est elle que l'on prend souvent pour de la houille.

Certains schistes sont tellement bitumineux, que, quelquefois, ils peuvent servir de combustible.

26. Ambre.—*Propriétés.*— Amorphe. Transparent ou translucide. Eclat résineux. Jaune de miel, rouge. Dur. 2.5. Dens. 1 à 1.1. Fond à 287°, puis dégage de l'eau et de l'acide succinique. Brûle avec une flamme brillante et une odeur particulière. Résine fossile.

Gisements et usage.—Se trouve parmi les lignites tertiaires, en Prusse, en Sicile. Sert à faire des ornements, des bouts de pipes, etc.

27. Calcaire.—*Propriétés.* — Hexagonal. Grande variété de formes cristallines. Les rhomboèdres de toute espèce s'y rencontrent très souvent, isolés ou combinés, fig. 40 et 41. Clivage net suivant les faces du rhomboèdre primitif. Transparent ou translucide. Incolore ou coloré accidentellement. Dur. 3. Dens. 2.70 à 2.73. Infusible ; brille fortement sous l'action du chalumeau, et colore la flamme en rouge jaunâtre, surtout après

Fig. 40.

Fig. 41.

avoir été humecté d'acide chlorhydrique. Fait effervescence avec les acides. Se trouve cristallisé, à l'état fibreux, compacte, etc. Très répandu dans la nature. Une variété, venant de Fontainebleau, renferme beaucoup de sable, à tel point qu'on croirait, en la voyant, à des cristaux rhomboédriques de Quartz.

Fig. 40. — Rhomboèdres de calcite présentant diverses valeurs d'angle.

Fig. 41. — Cristaux de calcite modifiés et maclés.

Composition.—Carbonate de chaux.

Variétés et usages.—Une variété en gros cristaux limpides, le *Spath d'Islande*, est employée en optique. Le calcaire jaunâtre est souvent appelé *albâtre*, et sert à faire divers ornements. La variété saccharoïde constitue le *marbre statuaire* et les autres marbres. Plusieurs parmi ces derniers, grâce à leurs couleurs, ont reçu des noms particuliers. La *pierre lithographique* est un calcaire compacte, jaunâtre, à pâte fine. Les calcaires grossiers servent de pierre à bâtir ou de pierre à chaux. Ceux qui servent de pierre à ciment renferment 25 à 30% d'argile ou autres substances étrangères.

Gisements.—Le calcaire se trouve partout dans la province de Québec. On le rencontre dans le *Groupe de Québec*, en lits ou en conglomérats. Il constitue la presque totalité du *Trenton* (calcaire de Beauport, de Deschambault et de Montréal). On le trouve encore dans les terrains *laurentiens*. La pierre à ciment existe à plusieurs endroits de Québec et d'Ontario. On en a découvert à Gaspé, à Québec, le long de l'Ottawa, à Kingston, etc.

La *Dolomie*, carbonate double de chaux et de magnésie, ne fait pas effervescence à froid avec les acides. Du reste, ses propriétés la rapprochent beaucoup de la Calcite.

PHOSPHORIDES

28.—Apatite.—*Propriétés.*—Hexagonal. Prismes le plus souvent réguliers, terminés par un plan ou une pyramide à six pans, fig. 42. Clivable parallèlement à la base. Transparente ou translucide. Eclat vitreux.

Incolore, blanche, pourpre; les Apatites canadiennes sont le plus souvent vertes. Dur. 5. Den. 3.18 à 3.21. Difficilement fusible. Soluble dans les acides chlorhydrique et nitrique. Humectée d'acide sulfurique, colore la flamme en vert pâle. La solution azotique précipite par l'acide sulfurique; à chaud, la même solution donne un précipité jaune avec le molybdate d'ammoniaque.

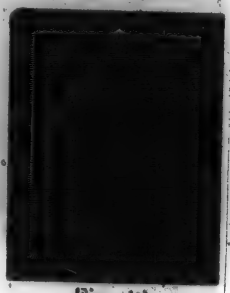


Fig. 42.

Composition. — Phosphate de chaux mélangé ou combiné avec du fluorure et du chlorure de calcium.

Gisements.—Se trouve en beaux cristaux associés au Calcaire, au Mica, etc., en masses compactes, terreuses. Employée pour la fabrication des engrais. La province de Québec renferme, dans la région de l'Ottawa, des gisement très riches, très abondants d'Apatite. Elle y est associée aux calcaires laurentiens. En général les Apatites canadiennes contiennent peu de chlore et plus de fluor.

Il est probable qu'on découvrira encore ce minéral en plusieurs endroits de nos puissantes formations laurentiennes.

SULFURIDES

29. Pyrite.—Cubique. Cube, fig. 43, ou dodécaèdre pentagonal. Faces du cube striées, les directions des stries étant rectangulaires sur deux faces voisines, fig. 43.

Fig. 42.—Cristal d'Apatite.

Opaque. Eclat métallique. Jaune. Dur. 6 à 6.5. Dens. 5.0.

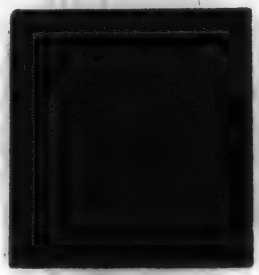


Fig. 43.

Composition.—Sulfure de fer ; contient quelquefois de petites quantités d'or.

Usage et gisements.—Sert à extraire le soufre, ou à préparer l'acide sulfurique. Très commune au Canada, dans les gneiss et les calcaires laurentiens. Certains schistes du *Groupe de Québec* en contiennent de grosses masses.

La *Pyrite magnétique* ou *Pyrrhotite* a été trouvée à Saint Jérôme et à Saint François, Beauce, associée à la Pyrite ordinaire, à la Blende et à la Galène. Moins dure que la Pyrite ordinaire ; elle agit légèrement sur l'aiguille aimantée. Sa couleur varie du jaune bronze au rouge cuivre.

30. GALÈNE.—*Propriétés.*—Cubique : cube, fig. 44, octaèdre. Clivage cubique parfait. Eclat métallique. Dur. 2.5. Dens. 7.4 à 7.6. Réaction du plomb sur le charbon. Attaquable par l'acide nitrique.

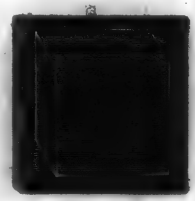


Fig. 44.

Composition.—Sulfure de plomb. Renferme souvent de l'argent et de l'antimoine. On reconnait la présence de l'argent par la coupellation. On peut aussi dissoudre dans l'acide nitri-

Fig. 43.—Cube de Pyrite, stries rectangulaires.
Fig. 44.—Cristal cubique de Galène.

que étendu et ajouter quelques gouttes d'iodure d'amidon. Ce dernier se décolore immédiatement s'il y a de l'argent.

Gisements et usage.—En cristaux ou en masses compactes. Employée comme minerai de plomb, d'argent, et pour le vernissage des poteries. La Galène se rencontre en plusieurs endroits du Canada, à la Baie-du-Tonnerre, surtout au lac Témiscamingue et à Calumette.

31. CHALCOPYRITE.—*Propriétés.*—Quadratique. Octaèdre ou tétraèdre. Opaque. Eclat métallique. Jaune laiton, souvent irisé. Un peu fragile. Dur. 3.5 à 4. Dens. 4 à 4.3. Fond en globule magnétique avec odeur sulfureuse. Attaquable par l'acide nitrique. La solution précipite du sesquioxyde de fer par l'ammoniaque, le liquide surnageant étant d'un beau bleu. 34% de cuivre

Composition.—Sulfure double de cuivre et de fer. C'est le minerai de cuivre le plus commun. Contient souvent or

Les sulfures doubles de cuivre et de fer sont très communs dans notre province. Ils constituent le minerai de la plupart de nos mines de cuivre exploitées. Dans les Cantons de l'Est, ils existent en très grande quantité, en masses compactes.

Le *Falherz* ou *cuivre gris* est un sulfure très compliqué de cuivre, argent, arsenic, antimoine, fer et zinc, employé pour l'extraction du cuivre ou de l'argent.

32. GYPSE.—*Propriétés.*—Clinorhombique, fig. 45. Macles fréquentes, fig. 46. Clivage parfait suivant *g*. Transparent ou translucide. Eclat vitreux, nacré. Incolore, blanc, jaune. Sectile. Flexible, élastique en

lames minces. Dur. 1.5 à 2. Dens. 2.28 à 2.33. Donne de l'eau en devenant opaque. Fusible en émail blanc à réaction alcaline. La masse fondue, humectée

Fig. 45. Fig. 46.

d'acide chlorhydrique, colore la flamme en rouge. Très peu soluble dans l'eau, soluble dans un excès d'acide chlorhydrique étendu.

Composition.—Sulfate de chaux hydraté.

Gisements.—Se trouve en cristaux déformés en masses grenues, fibreuses, compactes, terreuses. Le Gypse se rencontre en lits puissants dans Ontario et les provinces maritimes. Le plâtre de Paris est renommé pour sa beauté. Un Gypse finement grenu, translucide, a reçu le nom d'*Albâtre.* Il est employé pour la fabrication de statuettes, vases d'ornement, et autres menus objets.

33. Sel-Gemme. —*Propriétés.* — Cubique. Clivage parfait. Transparent ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanc, gris, jaunâtre, rouge, etc. Dur. 2. Dens. 2.2. Saveur salée. Soluble dans l'eau.

Composition.—Chlorure de sodium.

Fig. 45.—Cristal de Gypse, prisme oblique à base rhomboïdale.

Fig. 46.—Macle de Gypse ; cristal en fer de lance.

Gisements.—Se trouve cristallisé, en lits d'une grande épaisseur dans les formations triasiques et jurassiques, toujours avec le Gypse et l'Argile.

FERRIDES

34. Oligiste. — *Propriétés.* — Hexagonal. Forme variée, fig. 47. Opaque en masses. Translucide en lames très minces. Eclat métallique. Noir de fer ou gris d'acier. Souvent irrisé. Poussière rouge cerise. Dur. 5.9. Dens. 5.24 à 5.28. Quelquefois légèrement magnétique. Infusible. Dans la flamme réduisante devient noir et magnétique. Soluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

Fig. 47.

Composition.—Sesquioxyde de fer anhydre.

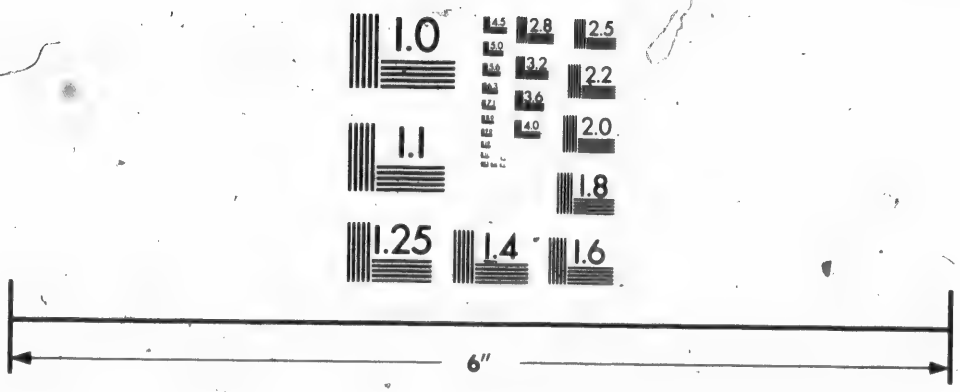
Usage.—Les beaux cristaux d'Oligiste viennent de l'île d'Elbe. Employé comme minerai de fer. Certaines variétés fibreuses servent à polir et à brunir les métaux. L'Oligiste terreux, *Ocre*, est employé en peinture.

Variétés.—Parmi les différentes formes que peut prendre le peroxyde, on distingue les variétés amorphes et terreuses, appelées *Hématites ;* les variétés formées de lamelles cristallines brillantes, juxtaposées,

---

Fig. 47.—Cristal d'Oligiste.

IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)



Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503

2.8
3.2
2.5
3.6
2.2
4.0
2.0
4.5
1.8
5.6
1.1
1.0

appelées fer micacé ; enfin on appelle *Fer spéculaire* les variétés en gros cristaux, à parois lisses.

Gisements.—L'Oligiste est très répandu dans nos terrains laurentiens, moins cependant que la Magnétite. Dans les terrains cristallins des Cantons de l'Est, l'Oligiste n'est pas rare. Il y affecte le plus souvent la forme micacée. Il est mélangé aux roches chloritiques, ou associé au Feldspath et au Cuivre pyriteux.

35. Fer titané.—On distingue plusieurs variétés de fer titané, toutes composées de sesquioxyde de fer et de sesquioxyde de titane. Tous ces minéraux cristallisent dans le système hexagonal. A cause de l'isomorphisme des deux sesquioxydes combinés, on trouve des fers titanés où l'oxyde de titanium varie de 10 à 50%.

Les Fers titanés sont désignés sous le nom de *Ménaccanite, Ilménite* et *Crichtonite.*

Propriétés.—Cristaux souvent tabulaires. Eclat métalloïde. Opaque. Agit faiblement sur l'aiguille aimantée. Dur. 5 à 6. Dens. à peu près 5. Infusible. Avec l'acide chlorhydrique concentré, à chaud, donne une solution jaune. Cette liqueur chauffée avec de l'étain en feuilles, prend à la fin une coloration violette, devenant rose si on ajoute de l'eau.

Gisements.—Le Fer titané est très abondant en certains endroits de notre province. On le rencontre en petites quantités dans la plupart des fers spéculaires des Cantons de l'Est. Un des principaux gisements est à St-Urbain. Là, un lit de 90 pieds d'épaisseur a pu être suivi sur une longueur de près d'un mille. Le minerai contient 48% d'oxyde titanique. On en a essayé l'exploitation en grand, il y a quelques années,

mais les travaux ont été plus tard abandonnés. On l'exploitait comme minerai de fer. Ces dépôts sont environnés de Feldspath anorthique.

36. LIMONITE.—*Propriétés.*—On lui donne encore quelquefois le nom d'Hématite brune. Opaque, amorphe, quelquefois fibreuse. Brune ou jaune. Dens. 3.4 à 3.95. Donne de l'eau. Mêmes réactions que l'Oligiste.

Composition.—Sesquioxyde de fer hydraté. Contient une certaine quantité d'argile surtout dans les variétés terreuses.

Gisements.—En stalactites, en masses compactes, grains oolithiques, rognons, etc. Employé comme minerai de fer. Les variétés terreuses jaunes, dites *Ocres jaunes*, sont employées en peintures.

Nous n'avons guère en Canada que les variétés terreuses. Ces minerais sont tous de formation récente et se trouvent à peu près à la surface du sol. Il renferme souvent une proportion très notable d'acides organiques. Voici quelques localités où on les rencontre : sur les bords du lac Erié, à la côte St-Charles dans la seigneurie de Vaudreuil, à St-Thomas, à l'Ile-Verte, au Saguenay, sur les rivières Mistassini et des Vases, etc. Les forges du Saint-Maurice sont alimentées en grande partie avec ce minerai. On le trouve dans les terrains avoisinants et dans le lac à la Tortue.

37. MAGNÉTITE.—*Propriétés.*—Cubique. Octaèdre, fig. 48. Opaque. Eclat métallique faible. Noir de fer. Dur. 5.5 à 6.5. Dens. 4.9 à 5.2. Fortement magnétique, souvent magnéti-polaire. Infusible; soluble dans l'acide chlorhydrique concentré. En cristaux, en masses compactes ou en sables.

Composition. — Oxyde salin de protoxyde et de sesquioxyde de fer. C'est le meilleur minerai de fer.

Gisements.—Nos roches laurentiennes renferment une grande quantité de Magnétite. On la trouve disséminée dans les gneiss, mais le plus souvent associée aux calcaires. Le minerai laurentien est généralement pur. Cependant il est quelquefois mélangé avec un peu de Calcaire et de Mica. L'Actinote y existe aussi assez souvent. Dans les terrains cristallins des Cantons de l'Est, la Magnétite est abondante. Quelquefois ce sont des grains octaédriques disséminés dans des schistes chloriteux ; ailleurs elle est compacte, comme à Leeds et à St-François, Beauce. En ce dernier endroit, un lit puissant de Magnétite, entouré de Serpentine, n'est en réalité qu'un mélange de Magnétite et de Ménaccanite. La Magnétite pulvérulente existe en quantité immense sur la rive nord du bas St-Laurent. On l'a exploitée à Moisie pendant longtemps, par le procédé des forges catalanes.

Fig. 48.

CUPRIDES

38. CUIVRE.—*Propriétés.*—Cubique. Eclat métallique. Rouge cuivre. Ductile et malléable. Dens. 8.94.

Fig. 48.—Cristal de Magnétite.

Sert à faire les aciers et les acides de cuivre employés en dichroïsme et peintures.

En cristaux, en masses dendritiques, laminaires et compactes.

Gisements.—Les gisements les plus riches se trouvent au sud du Lac Supérieur. On l'a aussi rencontré en petite quantité dans certains schistes le long de la rivière Etchemin, près de St-Henri, et dans une diorite amigdaloïde, à St-Flavien.

ARGYRIDES

39. ARGENT.—*Propriétés.*—Cubique. Eclat métallique. Blanc d'argent. Malléable. Dur. 2.5 à 3. Dens. 10.1 à 11.1. Fusible. Soluble dans l'acide nitrique. Précipite par les chlorures. Contient souvent des traces de cuivre, d'or, de mercure, d'arsenic, etc. En cristaux et en masses compactes.

Variétés.—L'*Argent arsénifère* contient 11% d'arsenic et un peu de mercure. L'*Argent bismuthifère* contient 15 de bismuth.

AURIDES

40. OR.—Cubique. Eclat métallique. Jaune d'or. Ductile malléable. Dur. 2.5 à 3. Dens. 15.6 à 19.4. Fusible. Renferme souvent de l'argent, de 1 à 16%. En cristaux, en grains ou pépites, dans les quartz, gneiss, micaschistes, dans les sables d'alluvion. L'or se trouve à la Nouvelle-Ecosse, dans plusieurs endroits de la province, spécialement à la Beauce. On l'extrait des veines de quartz, au Rapide-du-diable, à St-Fran-

çois, et le plus souvent d'anciennes alluvions, recouvertes par des alluvions plus récentes. L'or de la Beauce renferme une assez forte proportion d'argent.

Les deux principaux gisements de graviers aurifères, à la Beauce, sont ceux de la rivière Gilbert et ceux de la rivière Du Loup. Au premier endroit, l'or se trouve dans un gravier solidifié, peut-être préglaciaire, reposant directement sur les formations siluriennes supérieures. Il est recouvert d'une couche épaisse d'argiles à galets *(boulder clay)* et d'un mince lit de sol arable.

A la Du Loup, le gravier aurifère se trouve *sur* l'argile à galets.

Les terrains aurifères les plus riches du Canada sont les gisements de Rossland, dans la Colombie Anglaise, et surtout les alluvions et les quartz du Klondyke, près de l'Alaska.

L'or se trouve dans le quartz et les alluvions

En Nouvelle-Écosse, [illegible] Marmora dans [illegible] Canada, Yukon. 20 [illegible]

27

Colombie [illegible]

GÉOLOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

DÉFINITION.—La Géologie est l'histoire physique du Globe.

S'il est vrai de dire que chaque animal, chaque plante a son histoire, en ce sens qu'on peut suivre pas à pas le développement de cet être, depuis l'état embryonnaire jusqu'à celui d'individu parfait, on peut affirmer, par analogie, que les êtres bruts, les cristaux, ont aussi une origine et un développement spécial, se faisant d'après des lois particulières. Cette histoire généalogique des minéraux est beaucoup plus simple que celle des êtres vivants, car ils ont à subir moins de transformations avant d'atteindre leur constitution définitive : une seule

molécule étant suffisante pour qu'un corps brut existe avec ses propriétés caractéristiques.

La terre, qui est à la fois le siège des deux grands règnes de la nature, celui des êtres vivants et celui des êtres bruts, n'est pas sortie des mains du Créateur telle qu'elle nous apparaît maintenant. Elle a donc aussi son histoire. Créée *sans forme et stérile*, elle a eu à subir une série de transformations, de modifications qui l'ont faite ce qu'elle est ; et cela, sous l'œil de la Providence divine qui a présidé à ces révolutions terrestres. Dieu était là, perfectionnant peu à peu son ouvrage, et mettant en jeu ces admirables lois, encore inconnues pour la plupart, qui devaient, par leur seule fécondité, créer tant de merveilles. La matière inconsciente, en effet, ne peut rien par elle-même, elle est essentiellement inerte ; si donc le jeu de ces ressorts merveilleux a produit un monde aussi beau que le nôtre, quel autre être que Dieu a pu en établir les lois et forcer la matière à les suivre.

Objet de la Géologie.—Tracer aussi exactement que possible l'histoire de cette évolution de la terre, voilà le but que nous poursuivrons en Géologie. Appuyés sur les données que l'observation et l'expérience mettent à notre disposition, nous enregistrerons une à une les phases par lesquelles a passé notre globe. Le champ est immense, et la tâche ardue ; d'autant plus que les monuments qui nous restent des différentes époques à étudier, sont loin d'être complets et intégralement conservés. Cependant, n'y eût-il que l'idée d'attaquer un problème si difficile et si élevé, que ce serait déjà assez pour tenter un admirateur de la nature. Dieu, en créant

le monde, *l'a livré à nos investigations;* il semble donc que l'étude de notre globe, dans les vues mêmes de la Providence, soit un des buts les plus parfaits que nous puissions nous proposer dans les recherches scientifiques.

Le géologue a besoin de plusieurs sciences pour résoudre d'une manière plus satisfaisante les difficutés qui tendent à paralyser ses efforts. La chimie lui fera connaître les lois présidant aux combinaisons et aux décompositions chimiques; la physique lui fera apprécier à sa juste valeur le rôle des divers agents de la nature : chaleur, électricité, etc. A l'astronomie il devra de connaître les relations de notre globe avec le reste de l'univers. Pour l'étude plus approfondie de l'écorce terrestre, il lui faudra le secours de la minéralogie. Enfin, sans la connaissance de la botanique et des diverses branches de la zoologie, il lui serait impossible de se faire une idée du développement de la vie à la surface de la terre, des diverses formes sous lesquelles elle s'est successivement manifestée, formes qui se sont montrées de plus en plus parfaites dans cette longue série d'êtres vivants s'étendant depuis l'humble *eozoon* jusqu'à l'homme.

Cependant pour acquérir des notions générales de Géologie, une connaissance approfondie des sciences que nous venons d'énumérer n'est pas nécessaire. Nous avons la confiance que, dans le cours de cet ouvrage, très peu de points resteront obscurs, même pour celui à qui ces diverses sciences seraient jusqu'à un certain point étrangères.

DIVISIONS

La Géologie peut se partager en quatre parties : 1° la Géologie *physiographique*, qui étudie les traits extérieurs du globe terrestre. 2° La Géologie *lithologique*, qui étudie les diverses roches qui composent la croûte terrestre, recherche leur origine et les modifications qu'elles ont subies. 3° La Géologie *dynamique*, qui étudie les forces et les agents qui ont contribué autrefois et qui contribuent encore de nos jours à former les lits géologiques ou à les modifier. 4° La Géologie *historique*, qui trace l'histoire du globe terrestre, c'est-à-dire, nous fait connaître l'ordre de succession des différentes époques géologiques avec leurs caractères distinctifs.

---

parties : 1° la
les traits exté-
ie *lithologique*,
osent la croûte
modifications
namique, qui
ntribué autre-
rs à former les
La Géologie
errestre, c'est-
uccession des
urs caractères

CHAPITRE PREMIER

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE

ARTICLE PREMIER

Conditions astronomiques du globe terrestre

La terre est isolée dans l'espace et fait partie du système planétaire dont le soleil est le centre. Elle fait sa révolution autour de cet astre en 365¼ jours : c'est l'année astronomique. De plus, elle tourne sur elle-même en 24 heures. Autour de la terre circule un autre astre, la lune, qui fait sa révolution en 30 jours. Et comme le soleil, centre de ce double système, est lui-même emporté dans l'espace et tourne autour d'un centre encore inconnu, la terre et la lune le suivent dans son déplacement, et, par conséquent, ne passent jamais deux fois au même point ; ou bien, si elles y passent, ce n'est qu'après un nombre d'années tellement grand qu'elles sont complètement modifiées.

ARTICLE DEUXIÈME

—

Volume, reliefs du globe terrestre

VOLUME ET FORME DE LA TERRE.—Le diamètre de la terre est d'environ 7,920 milles. En comparant un rayon équatorial avec un rayon polaire, on trouve que ce dernier est à peu près de 13 milles plus court que que le rayon équatorial. Il suit de là que la terre n'est pas une sphère régulière, mais qu'elle est aplatie vers les pôles et renflée à l'équateur. Les plus hautes montagnes du globe n'affectent pas sensiblement cette forme générale de la terre.

Quelle est la cause de ce renflement équatorial ?—On l'attribue généralement à l'état primitivement liquide du globe, le renflement étant un effet de la force centrifuge développée par la rotation de l'astre sur lui-même. Ce qui donne une grande force à cette opinion, c'est que les planètes qui, comme Jupiter, tournent plus vite que la terre, sont beaucoup plus aplaties; parce que, dit-on, elles ont été primitivement soumises à une force centrifuge plus grande.

Cependant, si on examine les choses de plus près, cette forme ne prouve pas rigoureusement que le globe a été autrefois liquide. En effet, supposons le globe terrestre absolument sphérique et ne tournant pas sur lui-même. Les mers se distribueront régulièrement à sa surface et tout sera recouvert d'eau depuis les pôles jusqu'à l'équateur. Faisons-le ensuite tourner sur lui-même. Immédiatement les eaux s'accumulent à l'équa-

teur et les pôles terrestres émergent sous forme de continents. Mais alors qu'arrive-t-il ? — Les agents atmosphériques attaquent immédiatement ces terres polaires, les usent, les rongent de diverses manières, et leur débris sont transportés par les courants dans les mers équatoriales où ils se déposent en amas de plus en plus puissants. Peu à peu cette érosion des continents du nord et du sud raccourcit le rayon polaire, augmente le rayon équatorial, et la terre prend la forme d'un ellipsoïde de révolution.

D'ailleurs, ce renflement de notre terre est loin d'être aussi régulier qu'on l'avait d'abord supposé. En plusieurs endroits il y a des dépressions, ailleurs des turgescences, qui nuisent à la régularité de la forme générale.

Donc cette forme spéciale de la terre ne peut pas rigoureusement être donnée comme une preuve absolue de l'état primitivement fluide du globe ; mais elle n'ajoute ni ne retranche rien aux preuves qui peuvent être tirées d'autres données géologiques.

Grandeur et position relative des continents et des océans. — L'étude des dimensions relatives des terres et des mers ainsi que de la position particulière des continents conduit à de curieux résultats. En premier lieu à la surface de notre sphère, il y a 8 parties d'eau pour 3 de terre. Au nord de l'équateur la surface des continents est trois fois plus grande qu'au sud ; et c'est dans la zone tempérée septentrionale que se trouve le maximum des terres, leur surface totale égalant dans cette zone celle de la mer. Dans la zone torride la surface terrestre n'est que le tiers de la surface océanique, elle n'en est plus que le dixième dans la zone tempérée méridionale.

Il est encore remarquable de voir tous les continents groupés autour du pôle nord, les océans couvrir une grande partie de l'hémisphère sud et les grandes masses continentales se terminer toutes en pointe vers le sud. Elles forment comme deux groupes distincts. L'un occidental, constitué par les deux Amériques, l'autre oriental, formé par ces vastes surfaces où les géographes placent l'Europe, l'Asie, l'Afrique et l'Océanie. Cette dernière n'est probablement que les restes d'un continent qui s'enfonce peu à peu sous les eaux et dont les sommets les plus élevés, grâce à leur hauteur, grâce aussi au travail des coraux polypiers, dépassent encore la surface des mers.

C'est de la zone antarctique que partent ces deux bras de mer gigantesques, dont l'un est l'océan Atlantique, qui sépare l'Amérique de l'Europe, et l'autre l'océan Pacifique, entre l'Amérique et l'Asie. Quel que soit le volume absolu de ces deux masses aqueuses, il est beaucoup plus faible que la masse d'eau énorme accumulée autour du pôle sud.

Peut-on trouver une causé à ce défaut de symétrie dans la distribution des continents et des océans ? Evidemment, on ne peut rien affirmer d'absolument certain : voici cependant les opinions émises à ce sujet par certains géologues. Les uns disent que l'érosion a été plus forte au pôle sud qu'au pôle nord, sans toutefois expliquer cette différence. D'autres affirment que le centre de gravité de notre globe se trouve un peu au sud de son centre de figure. Et comme le centre de gravité est en même temps le centre d'attraction, la masse des eaux est ainsi transportée sensiblement vers le sud.

D'ailleurs la forme et l'étendue des continents ont varié très souvent depuis le commencement des époques géologiques. Et s'il est vrai de dire que les contours des grandes masses continentales ont été nettement dessinés dès le commencement, il faut néanmoins admettre que leurs surfaces ont été à plusieurs reprises envahies par les eaux.

Relativement à la distribution des terres et des mers à la surface du globe, un autre fait assez curieux est le suivant. Si, en prenant pour centre un point placé sur les côtes anglaises de la Manche, on trace un grand cercle sur la sphère, ce cercle comprendra presque tous les continents du globe, l'autre hémisphère n'étant guère couvert que par l'océan.

HAUTEUR MOYENNE DES CONTINENTS.—De Humbolt croyait que la hauteur moyenne de tous les continents, à part l'Afrique et l'Australie, était d'environ 1000 pieds. Cette affirmation reste encore vraie même si on l'étend aux deux continents insuffisamment connus de de Humbolt. Or les océans ont une surface 3 fois plus grande que celle des continents. Si donc on transportait dans l'océan toute la masse continentale qui dépasse le niveau actuel de la mer, on n'élèverait le fond de l'océan que de 375 pieds ; il en faudrait 40 fois autant pour combler les dépressions océaniques. Si d'un autre côté, on faisait disparaître toutes les inégalités à la surface de la terre, l'océan renferme assez d'eau pour couvrir alors le globe d'une couche liquide épaisse de 8000 à 9000 pieds.

Les continents, pris en particulier, n'ont pas tous même hauteur moyenne. La hauteur moyenne d'un

Europe 9
am Nord 18
am Sud 18000
Asie 280

continent est celle qu'on obtiendrait en distribuant régulièrement sur toute sa surface les masses des montagnes ou des plateaux qui s'y trouvent. Voici la hauteur des différents continents : Europe, 670 pieds ; Amérique du nord, 740 ; Amérique du sud, 1132 ; Asie, 1150 ; Afrique, probablement 1600 et Australie peut-être 500.

Ce ne sont pas tant les montagnes qui contribuent à augmenter la hauteur moyenne des continents que les plateaux, immenses surfaces élevées, pouvant, jusqu'à un certain point, être considérées comme d'autres continents par rapport aux plaines basses qui les entourent. Si on distribuait sur la surface de l'Europe toute la masse des Alpes, on n'augmenterait la hauteur du continent que de 22 pieds. Les Pyrénées ne le hausseraient que de 6 pieds.

Profondeur des océans.—Les océans sont contenus dans de vastes dépressions dont la profondeur varie de 1000 à 25,000 pieds. La profondeur moyenne de tous les océans est évaluée à environ 15,000 pieds. Celle de l'Atlantique-nord est de 12,000 pieds, et celle du Pacifique-nord de 16,200. La profondeur dans un même océan varie quelquefois considérablement entre deux endroits peu éloignés. Ainsi, au nord des Bermudes, il y a un abîme de 25,000 pieds, là où la profondeur moyenne n'est que de 12,000. La profondeur de l'océan entre la Grande Bretagne et l'Islande est presque partout moindre que 600 pieds. Elle ne dépasse jamais 6000 pieds. Entre l'Irlande et Terre-neuve se trouve le plateau télégraphique dont la profondeur varie de 6000 à 15,000 pieds.

Pour nous former une idée exacte des dépressions océaniques, supposons un moment que toute l'eau disparaisse de la surface de la terre. Alors s'ouvrent d'immenses cavités, larges de milliers de milles, creuses de 10,000, peut-être de 50,000 pieds. Les continents deviennent des plateaux entourés par un grand bassin très irrégulier. En partant des points les plus bas de ce bassin, il faudrait gravir des hauteurs de 5 milles pour atteindre les bords des continents actuels. Une seconde ascension de 5 milles nous conduirait au sommet des plus hautes montagnes. Tous nos continents seraient alors complètement inhabitables à cause du froid des hautes régions où ils se trouveraient transportés. Maintenant que la main de Dieu nivelle ces rugosités en jetant sur le globe une vaste plaine liquide. Les hauteurs sont comme abaissées de plus de moitié, les climats *excessifs* disparaissent, la surface du globe devient habitable, grâce à sa température, grâce aussi aux nuages qui se forment de l'océan, pour fournir l'humidité aux végétaux et alimenter les rivières. Enfin cette plaine liquide sert encore comme de trait d'union entre les peuples les plus éloignés, en facilitant le commerce ainsi que l'échange des connaissances de toute espèce.

Limites des continents.—La ligne où viennent battre les flots de l'océan n'est pas toujours celle qui sépare exactement un continent de l'océan voisin. Assez souvent la surface continentale se prolonge, à une faible profondeur sous les eaux, jusqu'à une distance assez considérable. Là s'ouvre un abîme qui marque le commencement de la véritable dépression océanique. C'est ainsi que l'Amérique du nord, à la hauteur de New-

Jersey, se continue de 60 à 80 milles sous l'Atlantique. A cette distance des côtes, la profondeur n'est que de 600 pieds, la pente n'étant que de 1 pied par 700 pieds. De même les sondages faits au nord et à l'ouest de la France ont prouvé que le Danemark, l'Angleterre, la France et l'Espagne constituaient en réalité un seul massif continental dont une portion est ensevelie à une faible profondeur sous les eaux. La ligne de séparation entre le continent asiatique et l'Océanie est également bien définie, elle passe au nord de la Nouvelle-Guinée et des Célèbes. Au nord de cette ligne, les îles se rattachent à l'Asie, au sud à l'Océanie.

Distribution des reliefs à la surface des continents.—En donnant plus haut la hauteur moyenne des continents, nous ne nous sommes pas occupés de la forme que pouvaient avoir leurs surfaces. Cette forme est remarquable. En général les continents peuvent être considérés comme des plateaux terminés sur leurs bords par des chaînes de montagnes. Nous nous contenterons de donner les sections des deux Amériques, dans lesquelles cette structure est parfaite.

La figure 49 est une section de l'Amérique du nord,

Fig. 49.

de l'ouest à l'est. En *a* est la chaîne Washington et, à l'ouest, celle de la côte ; en *b*, les Montagnes Rocheuses

Fig. 49.—Section de l'Amérique du nord, de l'ouest à l'est.

avec leur double crête; en *c*, le Mississipi, et en *d*, la chaîne des Appalaches. La figure 50 est une section de l'Amérique du sud. En *a*, sont les Cordilières des

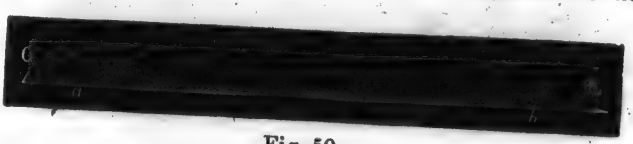


Fig. 50.

Andes avec les plateaux si élevés qu'elles contiennent; puis au centre, l'immense plaine de l'Amazone, de l'Orénoque, du Rio de la Plata; à l'est, en *b*, les petites montagnes du Brésil, qui ressemblent tout à fait aux Appalaches.

Une section de l'Asie, faite du nord au sud, diffère notablement de celles que nous venons de décrire. La forme générale est plutôt celle d'une pyramide irrégulière, surbaissée, dont le sommet serait les hauteurs de l'Himalaya. Nour la donnons, fig. 51. En *a* sont les plateaux des Indes Anglaises, en *b* l'Himalaya, en *c*, la

Fig. 51.

chaîne de Kuen-Lun, et, entre ces deux chaînes, les plateaux du Thibet; de *c* en *d*, la Mongolie et le Désert de Gobi; en *d*, les monts Altaï puis les plaines sibé-

Fig. 50.—Section de l'Amérique du sud, de l'ouest à l'est.
Fig. 51.—Section de l'Asie, du sud au nord.

riennes jusqu'à la mer glaciale. L'Afrique et l'Australie ont des surfaces dont le relief est tout à fait analogue aux sections américaines que nous avons données plus haut.

MONTAGNES, CHAÎNES DE MONTAGNES.—En examinant plus en détails ces différentes protubérances terrestres, on leur trouve souvent des formes spéciales et des dispositions régulières qui méritent d'être étudiées de plus près.

Les montagnes sont rarement isolées comme le sont la montagne de Montréal et celle de Belœil. Le plus souvent, on en trouve plusieurs groupées ensemble et formant ce qu'on appelle une chaîne de montagnes. Une chaîne de montagne peut être composée d'un ensemble de pics isolés, disposés suivant une ligne plus ou moins

Fig. 52.

régulière. Mais le plus souvent, l'examen attentif de leur structure montre comme une série d'ondulations se répétant parallèlement sur une certaine étendue, fig. 52, ou

Fig. 52.—Type de chaîne de montagnes due à des ondulations des lits géologiques.

bien encore accolées bout à bout dans le sens de la longueur de la chaîne. Cette dernière disposition est très remarquable dans les monts Notre-Dame, placés dans la partie sud-est de notre province, et qui ne sont en réalité que l'extrémité des monts Appalaches. Dans les Laurentides, au contraire, il est à peu près impossible de trouver des séries régulières d'ondulations de terrain. Les élévations sont groupées pêle-mêle, sans qu'on puisse saisir une orientation générale bien définie dans les lignes de leurs arêtes. Les Montagnes Rocheuses ont une structure qui se rapproche de celle des Appalaches. Elles sont constituées par une série d'ondulations de plus en plus élevées, se succédant les unes aux autres, et accolées latéralement.

La hauteur d'une chaîne de montagne est loin d'être régulière. Les différentes arêtes s'affaissent et se soulèvent successivement, et la surface d'une contrée montagneuse ressemble assez à celle que prendrait la mer si on pouvait instantanément solidifier la surface de l'eau agitée par une forte brise.

Les pentes des montagnes sont rarement égales de chaque côté. Cela, en général, tient à la disposition même des couches de roches qui constituent la montagne.

Plateaux.—Lorsque deux chaînes de montagnes se rapprochent, assez souvent l'espace intermédiaire forme une plaine élevée appelée plateau. Dans l'Amérique du nord, un des principaux plateaux est le *Grand-Bassin*, situé entre le lac Salé et la Sierra-Nevada. Sa hauteur varie de 4000 à 4500 pieds. Le plateau du Thibet est à 10,000 ou 11,000 pieds de hauteur. Le

grand plateau du Mexique, où est la capitale Mexico, a une élévation moyenne de 7000 à 4000 pieds. Le plateau de Quito, dans les Andes, est à 10,000 pieds. Il est entouré d'une couronne de volcans, le Chimboraço, le Pichincha, le Cotopaxi, etc., qui atteignent 15,000, 18,000, 20,000 pieds et au delà.

Plaines.—Les parties des continents qui ne sont pas sillonnées de montagnes, portent le nom de plaines. Celles-ci, à leur tour, sont désignées sous différents noms, suivant l'aspect qu'elles présentent. Ce sont des *prairies*, si leur surface se couvre d'herbes longues et abondantes, comme à Manitoba. Les *déserts* sont des plaines arides dont la surface est occupée par des rochers ou des monticules de sable, et sur lesquelles aucune plante ne peut végéter. Tels sont les déserts de Sahara et de Gobi. Les *steppes* herbeux du Don et du Dniepr, ceux qui entourent la mer Caspienne et le lac d'Aral, les *landes* de Gascogne, les *llanos* et les *pampas* de l'Amérique du sud sont autant de plaines caractérisées par une physionomie particulière.

Relation entre la hauteur des chaînes de montagnes et la profondeur des mers voisines.—Il est facile de constater un fait assez remarquable ayant rapport aux dimensions des océans et à la hauteur des chaînes qui se dressent sur leurs rivages. Une grande masse montagneuse avoisine toujours un grand océan, et une chaîne plus petite borne une mer plus étroite. Cette disposition est frappante pour les deux Amériques. Sur la côte ouest, près du Pacifique, se dressent les massifs des Montagnes Rocheuses et des Cordilières, tandis qu'à l'est sur les bords de l'Atlantique, qui n'est

guère qu'un bras de mer comparé au Pacifique, s'étend la maigre chaîne des Appalaches et des montagnes du Brésil. En Asie, les monts Himalayas, les plus hautes montagnes du monde, sont placés du côté de l'Océan indien, l'océan le plus profond. En Afrique, les montagnes de la côte orientale sont beaucoup plus fortes que celles de la côte occidentale. On dirait que la force qui a creusé le lit des océans a réagi sur les rivages continentaux, de manière à y produire des rides, dont les dimensions fussent en rapport avec celles de la cavité océanique qui les entoure.

Ces masses de montagnes qui atteignent des hauteurs de quatre ou cinq milles et qui s'étalent sur des milliers de lieues en superficie, deviennent absolument insignifiantes si on les compare au volume de la terre. Sur un globe de deux pieds de diamètre, le plus grand massif montagneux serait représenté par une épaisseur d'à peu près un soixantième de pouce. C'est donc une grande exagération que de comparer ces légères aspérités aux rugosités qui recouvrent l'écorce d'une orange.

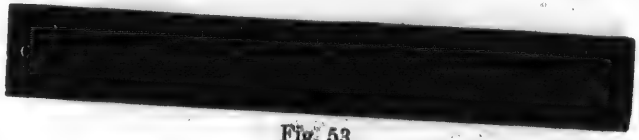


Fig. 53.

La figure 53 est une section transversale des Montagnes Rocheuses. Elle montre comment ces montagnes,

Fig. 53.—Profil des Montagnes Rocheuses. L'échelle des hauteurs est 70 fois plus grande que celle des longueurs.

qui ont jusqu'à 14,000 pieds de hauteur, sont limitées par des pentes très douces et constituent un renflement très peu marqué à la surface du continent américain. Le fait devient encore plus frappant quand on sait que, dans cette section, l'échelle des hauteurs est 70 fois plus grande que celle des longueurs, et que, pour avoir une juste idée du profil de cette puissante chaîne, il faudrait, la longueur de la section restant la même, mettre le plus haut sommet à un quinzième de millimètre au-dessus de la ligne horizontale.

Bordeaux 600 au dessus la mer
Tours 574
570
Eu 9,22
2,00
Dieppe 2,00
Jonzamie 490
Winipeg 1100

CHAPITRE DEUXIÈME

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE

ARTICLE PREMIER

Roches, leurs différentes espèces

Lorsqu'on pénètre au fond de l'océan, lorsqu'on creuse le sol arable, on trouve à une distance variable une partie plus dure, plus résistante, qu'on appelle le roc. Ce roc, bien qu'on ne puisse pas le voir partout, recouvre toute la surface de la terre, car on le trouve également au fond des océans. Le plus souvent on le trouve composé de feuillets, d'épaisseur, de composition, de consistance très variées, et superposés les uns aux autres. Tel est le roc de Québec et de toute la partie est de la province. Tels sont encore le calcaire et les schistes des environs de Montréal. Ailleurs le roc se rencontre en masses plus homogènes, plus compactes. Si l'on voit encore des traces de feuillets, ces derniers sont durcis et intimement soudés les uns aux autres. C'est là le roc des Laurentides ainsi que les schistes cristallins des Cantons de l'Est. Enfin on trouve des masses rocheuses qui n'ont pas même l'apparence d'une stratification quelconque. Elles sont dures, cristallines, et semblent avoir été soumises à une très forte chaleur, quelquefois même on dirait qu'elles ont été complètement fondues.

Telle est l'apparence du roc des montagnes de Montréal, de Belœil, de Rougemont, etc. Ces différences de structure nous permettent d'établir certaines distinctions qui rendent plus facile l'étude des roches qui composent la croûte terrestre.

On appelle *roche*, en géologie, *toute masse minérale qui se rencontre en amas tellement considérable qu'il faille en tenir compte dans l'étude des terrains géologiques.* Quelquefois les roches sont dures : Granite, Grès, Trapp ; quelquefois elles sont très friables : Argiles, Sables. L'état physique et la composition chimique, quelque variés qu'ils soient, n'empêchent pas une substance d'être classée parmi les roches, du moment qu'on la trouve en grande quantité à la surface du globe. Géologiquement parlant, l'air, l'eau, sont des roches, à plus forte raison, les sables et le sol arable.

Minéraux constitutifs des roches.—Ces minéraux sont relativement peu nombreux, nous ne ferons que les énumérer ici, nous en avons donné la description en Minéralogie. Ces espèces minérales sont : le Quartz, les Feldspaths, les Micas, les Amphiboles et les Pyroxènes, les Grenats, le Talc, la Serpentine, le Carbone, le Calcaire, la Dolomie, les Argiles et quelques autres moins importantes (1).

---

(1) Ces minéraux constituants sont quelquefois en parcelles tellement ténues que l'œil ne peut les distinguer. On a alors recours au microscope. Les services rendus à la science par l'examen microscopique des roches sont tellement grands, que ce genre de recherches forme actuellement comme un département à part en géologie et constitue une des principales bases de la lithologie pratique.

En tenant compte des apparences que nous constations dans les roches dès le commencement de cette étude, on peut les partager en trois catégories, les roches *sédimentaires*, *métamorphiques* et *éruptives*.

ROCHES SÉDIMENTAIRES.—Ce sont les roches qui se sont déposées au sein des eaux et qui n'ont pas été profondément modifiées dans leur texture ou leur composition par l'action des agents physiques ou chimiques.

Caractères distinctifs.—Ces roches forment des terrains qui sont toujours stratifiés. Elles doivent cette disposition à leur origine même. Du moment qu'une roche résulte de dépôts se faisant au sein des eaux, ces dépôts sont nécessairement une masse de lits superposés d'épaisseur et de composition variables, suivant la quantité et la nature des minéraux charroyés par les eaux. Elles sont encore caractérisées par deux espèces de débris : fragments de roches plus anciennes et restes d'être vivants. En effet les matières en suspension dans l'eau sont les plus souvent des sables, des argiles, qui résultent de l'usure ou de la décomposition des roches avoisinantes, et qui sont charroyés par les rivières et les fleuves. De plus les carcasses d'animaux peuvent être mêlées à ces dépôts, et rester là comme échantillons des espèces qui vivaient sur la terre lorsque ces terrains de sédiment se formaient.

Principales roches sédimentaires.—Ces roches sont calcaires, siliceuses ou argileuses. Chacun de ces trois groupes d'espèces forme à lui seul des roches ; ou encore ces minéraux se mélangent ensemble pour donner lieu à des roches composées. Le nombre des espèces de

roches neptuniennes est donc considérable. Voici les principales :

Grès.—Les grès ne sont rien autre chose que des lits de sable solidifiés. La présence d'un peu de sesquioxyde de fer ou de silicate de protoxyde de fer, leur donne différentes teintes jaunes, brunes, rouges ou verdâtres. Les variétés les plus pures et les plus dures, comme nos grès de Potsdam, sont souvent appelées *quartzites.* Il est assez probable que quelques quartzites doivent leur dureté à un commencement de métamorphisme. On dirait quelquefois que les grains se sont compénétrés, comme à la suite d'un commencement de fusion. La matière qui a cimenté le sable est une solution minérale, souvent calcaire, quelquefois siliceuse. Le grès forme une excellente pierre de construction.

Conglomérats.—Augmentons le volume des particules d'un grès, varions leur composition et nous aurons un conglomérat. On donne souvent au conglomérat le nom de *poudingue.* Les conglomérats abondent dans le *Groupe de Québec.* Il y a, à la Pointe-Lévis et ailleurs, des lits puissants de conglomérats magnésiens. On appelle plus particulièrement *brèche* des conglomérats à fragments anguleux.

Schistes.—Ce terme est très général et désigne plutôt une structure qu'une espèce de roche en particulier. On peut prendre comme type de ces roches, l'ardoise, qui n'est qu'une argile durcie. Les lits d'ardoise se fendillent facilement et avec une certaine régularité, fig. 54. La couleur de l'ardoise varie ; en général elle est sombre vu le mélange d'un peu d'oxyde de fer ou de matières

charbonneuses ou bitumineuses. Il y a des carrières d'ardoises exploitées dans les Cantons de l'Est.

Les schistes prennent différents qualificatifs suivants la nature de la substance qui est mélangée à l'argile. Ainsi, à part les schistes *argileux* proprement dits, il y a les schistes *talqueux*, auxquels le talc communique son toucher onctueux ; les schistes *chloriteux*, *siliceux* qui contiennent du sable ; les schistes *calcaires*, *carburés*, etc. Ces derniers peuvent quelquefois servir de combustibles. Les schistes *micacés*, *talqueux*, *chloriteux*, sont regardés comme des roches métamorphiques.

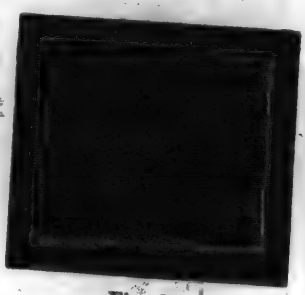


Fig. 54.

Calcaire.—Voilà sans contredit une des roches qui se rencontrent le plus fréquemment. Elle se présente sous une foule d'aspects différents. Elle peut être amorphe ou cristalline. Sa composition essentielle est du carbonate de chaux, mais il est bien rare que le calcaire ne renferme pas, sous forme d'impuretés, plusieurs substances étrangères, comme du sable ou des matières bitumineuses. Ainsi le calcaire de Beauport, qui se trouve en une foule d'autres endroits du Canada, est remarquablement riche en bitume. Les variétés cristallines constituent les marbres, quoique ce nom soit donné assez souvent à n'importe quelle roche à struc-

Fig. 54.—Lits de schiste, clivage oblique par rapport à la stratification.

ture compacte et à grain fin, susceptible d'être polie. Les formations laurentiennes du Canada sont riches en marbres, malheureusement la présence de cristaux de pyroxène ou de mica leur enlève souvent beaucoup de leur valeur.

Tuf calcaire, Travertin.—L'eau chargée de l'acide carbonique provenant de l'atmosphère ou des matières organiques en décomposition, peut aisément dissoudre le calcaire, mais les bicarbonates qui se forment ainsi sont facilement décomposables. Quelquefois, la simple exposition à l'air suffit pour provoquer cette décomposition et produire un dépôt de calcaire. Ces dépôts sont souvent poreux, quelquefois grossièrement cristallins, comme dans les stalactites et les stalagmites. Les lits calcaires qui originent de ces sources sont désignés sous le nom de *Tufs calcaires* ou *Travertins.*

Les *Dolomies*, mélangés des carbonates de chaux et de magnésie, constituent souvent à elles seules des assises puissantes. Les *Dolomies* se rencontrent abondamment en Canada.

Si le calcaire renferme 15 ou 20% de matières argileuses, il constitue la pierre à ciment. Si la quantité d'argile augmente et que la roche soit friable, on a les *marnes calcaires* ou *argileuses*, suivant que le calcaire ou l'argile prédomine. Les marnes se trouvent à Lorette, en différents endroits du district de Rimouski, au Saguenay et ailleurs.

Enfin les *Argiles* sont encore des roches neptuniennes, ainsi que les *Houilles*, le *Gypse* et le *Sel-Gemme.* Nous les avons décrites en minéralogie.

Origine des roches sédimentaires.—Quelques-unes ont une origine purement mécanique ; tels sont les grès, les conglomérats, quelques argiles. Sous l'influence de diverses causes, les rochers préexistants se réduisent en fragments plus ou moins gros, constituant les graviers, les sables ou les argiles. Ces fragments sont transportés par les eaux, et lorsque le courant est trop faible pour les maintenir en suspension, ils tombent au fond pour y former de nouvelles roches.

Certains calcaires, les travertins, ont une origine chimique. Cependant il y a des raisons de croire que les calcaires qui sont dus à cette cause sont rares.

Les acides que renferme l'humus ont sur les roches une action décomposante très remarquable. C'est à eux qu'on doit la formation incessante des dépôts considérables de limonite qui semblent inépuisables, vu qu'ils se régénèrent à mesure qu'on les exploite.

Le *Gypse* et le *Sel-Gemme* ont évidemment une origine chimique.

Enfin la vie a contribué pour une large part à la formation des roches sédimentaires. La plupart des calcaires ne sont en réalité que des amas de débris de coquilles. A Beauport, à Deschambault, le calcaire fourmille de fossilles : coraux, mollusques, etc. La craie n'est que la réunion de coquillages microscopiques. Les lits de terre d'infusoires sont formés uniquement par des coquilles microscopiques siliceuses. Ajoutons encore les Houilles, dont l'origine est évidemment organique.

Roches métamorphiques.—Les roches métamorphiques sont des roches sédimentaires, qui, soumises à une forte chaleur, ont pu cristalliser, la chaleur toute-

fois n'ayant pas été assez forte pour leur faire perdre leur stratification. Ce sont des roches stratifiées cristallines. De cette manière un calcaire grossier se change en un marbre souvent veiné, renfermant des nids serpentineux, des cristaux de pyroxène, des parcelles de graphite, des micas, grenats, etc.

Les schistes argileux se changent par le même procédé, en *ardoise tégulaire*, en schistes *hornblendiques* ou *talqueux*. Ce métamorphisme peut être local ou s'étendre à de grandes surfaces.

Les roches métamorphiques abondent en Canada. Elles constituent presque toutes les Laurentides, une grande partie des rochers des Cantons de l'Est et les montagnes Notre-Dame. Nous en décrirons ici les principales espèces.

Granite.—Le granite est assez souvent éruptif. Cependant, il faut admettre pour quelques-uns d'entre eux une origine analogue à celle des roches métamorphiques. En effet, ils renferment beaucoup d'eau, quelquefois jusqu'à 20%. Cette eau est dans des vacuoles, à l'intérieur même des particules quartzeuses du granite. Or la présence de cette eau s'expliquerait difficilement en supposant à cette roche une origine exclusivement ignée. De plus, dans certains cas, on passe par une gradation insensible des masses granitiques aux *Gneiss* qui sont certainement métamorphiques, ce qui laisse soupçonner une communauté d'origine.

Quelle que soit son origine, le Granite est constitué essentiellement par du *Quartz*, de l'*Orthose* et du *Mica* mélangés, en grains ordinairement réguliers et visibles à l'œil nu. Cette roche est très dure, difficile à travail-

ler à cause de sa structure cristalline. Les Granites présentent une assez grande variété d'aspects, suivant la nature, la couleur de l'orthose et du mica. Le rapport des quantités des trois espèces minérales composantes n'est pas déterminé. Un Granite sans mica est appelé *Pegmatite*. Si le talc se rencontre avec le mica, on a le *Protogine*. Si c'est la hornblende qui remplace le mica, la roche prend le nom de *Syénite*. Un mélange intime et compacte de quartz et d'orthose constitue le *Pétrosilex* ou *Felsite*. Ces dernières roches sont plus particulièrement regardées comme éruptives.

Gneiss.—Mêmes éléments que le granite, mais la roche est stratifiée. Il renferme des variétés analogues à celle du granite.

Micaschistes.—Composés essentiellement de quartz et de mica. Les lamelles de mica sont toutes parallèles, aussi cette pierre peut-elle se séparer facilement en feuillets. Les feuillets sont très souvent contournés, fig. 55. Texture brillante, assez douce au toucher. Les miscaschistes par l'atténuation de leur grain, passent insensiblement à l'ardoise, et vice versa. Il peut y avoir entre eux et les gneiss des transitions presque insensibles. Les micaschistes abondent dans les Cantons de l'Est.

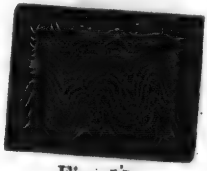


Fig. 55.

Pour compléter cette liste, nous nommerons l'*Anorthosite*, nom donné à une roche feldspathique (feldspaths tricliniques) qui se rencontre dans le Laurentien supé-

Fig. 55.—Feuillets contournés de micaschiste.

rieur, au Château-Richer, au Sagnenay et ailleurs. L'*Hypérite*, roche hypersthénique, est une variété de la précédente.—La *Pyroxénite* l'*Amphibolite*, la *Wollastonite*, les roches *épidotique*, etc.—La *Serpentine* forme souvent à elle seule de puissantes masses rocheuses métamorphiques.

Roches éruptives.—On donne ce nom à des roches vitreuses ou cristallines, ne présentant aucune trace de stratification régulière, et qu'on suppose avoir été fondues sous l'influence de la chaleur interne du globe. Elles ont été rejetées à l'extérieur, grâce à des fissures qui se sont produites dans les couches supérieures. Le plus souvent ces fissures sont irrégulières. Les roches éruptives, après avoir rempli ces issues, se sont répandues à la surface du sol en nappes assez considérables, recouvertes plus tard par des sédiments. L'origine de ces roches justifie donc les qualificatifs d'*intrusives* et d'*ignées* qu'on leur donne quelquefois.

Origine.—Est-il bien certain que ces roches aient été rejetées à l'extérieur à l'état de fusion *ignée* ?—Pour quelques-unes d'entre elle, il n'y a aucun doute. Tels sont certains Trachytes ou Basaltes qui ne se distinguent pas de laves récentes. Sur les lèvres des fissures remplies ainsi par des roches fondues, les lits ont été profondément modifiés. La houille a été réduite en cendres ou changée en coke ; les argiles ont été cuites, les grès sont devenus très compactes et les calcaires ont été changés en marbres saccharoïdes. Mais en revanche, il ne manque pas d'exemples de roches instrusives qui semblent n'avoir eu aucun effet sur les lits qu'elles ont traversés. De là on conclut que, bien que ces roches

aient été un jour assez plastiques pour remplir les fissures de la croûte terrestre, on ne peut pas admettre cependant qu'elles aient été fondues à la manière des laves volcaniques. La même conclusion se tire encore du fait que beaucoup de granites et de syénites contiennent une large proportion d'eau. La forme anguleuse du quartz est également contraire à l'idée d'une fusion ignée. Toutefois le quartz se rencontre dans le même état, mais en très petite quantité, dans certains trachytes, et cependant ces derniers ont été fondus. De plus quelques syénites passent par des transitions insensibles aux basaltes.

Une grande obscurité règne donc sur l'origine des roches dites plutoniques. Si quelques-unes ont certainement été fondues par l'action seule du feu, d'autres ont pu être ramollies par l'action simultanée du feu et de l'eau, opération qui a quelque analogie avec le métamorphisme et qui fait ranger certains granites parmi les roches métamorphiques.

Classification des roches éruptives.—Les minéralogistes et les géologues sont loin de s'entendre sur la classification à adopter relativement aux roches éruptives. Le microscope, en révélant la structure cryptocristalline de quelques roches regardées jusqu'ici comme amorphes, a singulièrement compliqué le problème. Grâce à lui, il a été possible de rectifier certaines erreurs de classification, et de ranger parmi les roches éruptives des roches regardées comme sédimentaires et vice versa. Nous ne parlerons ici que des espèces de ce groupe les mieux caractérisées. Les Gra-

nites et Syénites ont déjà été décrits avec les roches métamorphiques.

Porphyre.—Le véritable Porphyre est une roche feldspathique compacte, qui renferme un certain nombre de cristaux de feldspath plus pâles, disséminés dans la masse. Une surface polie présente donc une foule de fragments anguleux, fig. 56. Toutefois le mot porphyre est souvent employé pour désigner plutôt la structure que la composition particulière d'une roche. Toute roche à texture compacte et massive, renfermant des cristaux de même substance ou de substance étrangère, empâtés dans la masse, est un Porphyre.

Fig. 56.

Basalte.—Roche généralement noire, foncée, tirant un peu sur le vert. Structure compacte. Constitué essentiellement par un mélange très intime de Labradorite et d'Augite. On y trouve aussi de l'oxyde magnétique, du fer titané, quelques silicates zéolithiques et du carbonate de chaux et de fer. Les Basaltes sont facilement fusibles et partiellement attaqués par les acides. On les trouve en filon, en nappes assez étendues, ou en amas isolés, comme les montagnes de Montréal, Belœil et Rougemont. Lorsque les Basaltes se sont répandus en masses puissantes sur les terrains de sédiment, ils se sont généralement fendillés durant leur solidification, et ce fendillement, se faisant avec une certaine régularité,

Fig. 56.—Section d'un porphyre.

donne aux nappes basaltiques une apparence qui ressemble un peu à une cristallisation grossière, fig. 57. Tels sont les Basaltes de la Chaussée des Géants, de la Grotte de Fingal. Ces colonnes basaltiques sont toujours perpendiculaires à la surface du lit et ceci s'applique même aux filons ou aux dykes basaltiques, fig. 58. La composition des Basaltes est susceptible de

Fig. 57.

Fig. 58.

varier beaucoup ; c'est ce qui explique le grand nombre de noms donnés par les auteurs à différentes variétés plus ou moins bien définies. Tels sont les noms : *mélaphyre, diabase, basalte porphyroïde*, etc.

Les principales variétés de structure sont : le Basalte *massif* ou *lithoïde*, le Basalte *schisteux* et le Basalte *colonnaire*. Les variétés amigdaloïdes ou porphyroïdes portent plus spécialement le nom de Trapp.

Quand la structure devient nettement granitique, les grains restant très fins, à peine visible à l'œil nu, on a une *Dolérite*. Dans ce cas, la présence de minéraux

Fig. 57.—Structure colonnaire des basaltes, d'après Dana.
Fig. 58.—Veine basaltique.

hydratés comme le Chlorite, lui fait donner le nom de *Diabase.*

Si la structure granitique est très nette, la roche prend le nom de *Diorite.* Ces deux espèces de roches éruptives sont très communes dans notre province.

Trachyte.—Roche essentiellement feldspathique. Les Trachytes typiques se composent presque uniquement de Feldspath orthose. La couleur n'est jamais foncée. Ce sont de véritables laves des volcans anciens. Ils sont généralement poreux; leur surface est dure, rugueuse. Ils renferment presque toujours des cristaux de Feldspath, quelquefois de Quartz ou d'Amphibole. Les Trachytes renfermant des minéraux zéolitiques sont appelés *Phonolites.* Les Trachytes abondent aux environs de Montréal. Le Phonolite se trouve près de Lachine.

Laves.—Toute roche qui s'écoule à l'état de fusion des cratères volcaniques. Les laves sont le plus souvent poreuses, scoriacées. Leur composition est celle des Dolérites, Péridotites ou Trachytes. La Pierre ponce est une lave vésiculeuse, extrêmement légère, se rapprochant des trachytes.

Lorsque les laves sont compactes, vitreuses, elles portent plus spécialement le nom d'*Obsidiennes.* Eclat résineux; cassure conchoïdale. Couleur brune ou sombre.

Vrai si les roches ont de minéraux complexes transportés par les glaciers.

ARTICLE DEUXIÈME

Veines et filons

Sous le nom de *veines* et de *filons* nous comprenons les accumulations de minéraux, quelles que soient leur nature et leur origine, que l'on trouve dans les fissures de la croûte terrestre. L'étude de ces veines vient naturellement après celle des roches plutoniques, parce que plusieurs d'entre elles ont été évidemment formées par des roches fondues venant de l'intérieur, et que les autres, pour la plupart, doivent leur existence soit à des sublimés métalliques, soit à des solutions minérales, provenant encore de l'intérieur du globe, et à l'origine desquels la chaleur centrale a eu une grande part.

L'épaisseur, ou, comme on dit, la *puissance* des veines varie depuis quelques lignes jusqu'à des centaines de pieds. Leur direction à la surface du sol est essentiellement variable, parce que les fissures auxquelles elles doivent leur origine se produisent irrégulièrement. En général leur direction à l'intérieur du sol se rapproche de la verticale et elles atteignent à des profondeurs inconnues. Elles renferment souvent des minerais utiles, et de fait, bon nombre de ces minerais sont extraits exclusivement des veines métallifères. Leur nombre dans une même contrée varie beaucoup. Ici une roche sera toute criblée de veines; plus loin celles-ci seront très rares, ailleurs il n'y en aura pas du tout. Les veines ou filons sont toujours rares dans les

terrains qui ont été peu modifiés, elles sont nombreuses dans les terrains métamorphisés ou dans le voisinage d'éruptions ignées. Elles sont toujours plus récentes que l'ensemble des terrains qu'elles traversent et qu'on appelle *champ de fracture*.

On partage les veines en deux groupes que nous étudierons successivement : les *dykes* et les *veines* proprement dites.

Fig. 59.

Dykes.—Ce sont des fissures de la croûte terrestre, remplies par des matières fondues venant de l'intérieur du globe. La matière des dykes est donc une roche de la nature des basaltes. Elle peut être compacte ou porphyroïde. Dans ce dernier cas, les cristaux du centre sont plus développés que

Fig. 60.

Fig. 59.—Dyke observé à Marblehead, près de Boston.

Fig. 60.—*b*, dyke prophyroïde ; *a*, dyke colonnaire plus récent que le précédent.

ceux des bords, fig. 59 et 60 *b*, à cause du refroidissement plus lent. C'est là une preuve évidente que ces dykes ont été remplis par des matières fondues. Une autre preuve est la cuisson et le métamorphisme qu'ont subis les roches avoisinantes; dans la figure 60, la partie qui touche le dyke *a* est cuite de cette manière. Ajoutons encore la structure colonnaire, caractéristique des basaltes, qu'on rencontre dans plusieurs dykes, fig. 60. Elle n'est pas toujours bien marquée, mais il en existe au moins des indices. Les *lèvres* de ces dykes sont toujours nettement définies, ce qui les distingue des veines. S'il arrive que les roches qui bordent un dyke disparaissent par érosion, la matière plus dure, plus résistante du dyke, fait alors saillie à la surface du sol. Ce phénomène est très marqué en quelques endroits des rivages du lac Supérieur.

Veines proprement dites.—Les veines proprement dites sont de deux espèces, les veines qui doivent leur existence à des fissures produites par la compression et le retrait des roches et celles qui résultent de profondes cassures de la croûte terrestre. Les premières sont toujours étroites: elles sont remplies par des solutions minérales pénétrant à travers les lits voisins, y dissolvant diverses substances et venant ensuite les déposer dans ces fissures. Elles existent souvent en grand nombre dans une roche, fig. 61. Les autres que nous appelerons *veines de fracture*, sont de beaucoup les plus importantes, parce que ce sont elles surtout qui renferment les minerais recherchés par les mineurs. Dans ce dernier cas on y distingue le minerai lui-même et les minéraux qui l'accompagnent, désignés sous le

nom général de *gangue*. Cette gangue est presque toujours composée de Quartz, Calcaire, Barytine ou Fluorine. Comme nous l'avons dit plus haut, l'allure des veines est très irrégulière ; leur direction varie quelquefois brusquement. Ici une veine sera très étroite, plus loin elle s'élargira considérablement pour s'étrangler encore et ainsi de suite, fig. 62. Une veine irrégulière englobe souvent dans sa masse, des morceaux de la roche avoisinante.

Fig. 61.

La structure des veines proprement dites est bien différente de celle des dykes. Si une seule espèce

Fig. 62.

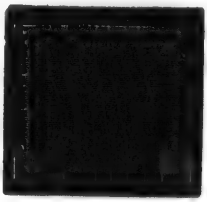


Fig. 63.

minérale les remplit, elles sont homogènes dans toute leur épaisseur ; mais si plusieurs espèces entrent dans leur composition, leur structure est rubanée, les feuillets étant tous parallèles aux côtés de la veine. Assez

---

Fig. 61.—Fragment de roche veinée.
Fig. 62.—Pincement d'une veine.
Fig. 63.—Structure rubanée d'une veine.

souvent les minéraux remplissant la veine, sont arrivés en petite quantité, soit à l'état de vapeur, soit à l'état de solution, alors ils ont cristallisé, et les cristaux se formant perpendiculairement aux murs de la veine, il en résulte qu'une section de celle-ci a l'apparence des dents d'un peigne, fig. 64 *a*. Cette structure est éminemment caractéristique des veines de fracture. Dans cette figure *d* est de la galène, *cc* sont deux lits de barytine, *bb* deux lits de fluorine et *aa* deux lits de quartz cristallin.

Fig. 64.

Importance au point de vue économique, de l'étude des veines et des dykes.—Cette étude est très importante, particulièrement celle des veines, les dykes ne renfermant presque jamais de minerais utiles; les veines métallifères portent plus spécialement le nom de *filons*. Il ne faut pas croire que toute veine métallifère constitue une véritable mine. Car il peut arriver que le métal s'y trouve en trop petite quantité pour donner des profits aux mineurs. Quelquefois encore une veine assez riche, susceptible en elle-même d'être exploitée avec profit, devient inexploitable, à cause de sa direction ou de ses irrégularités.

Quand donc on a reconnu dans une veine l'existence d'un métal, avant de commencer l'exploitation, il faut

Fig. 64.—Structure en peigne (*comb structure*) d'une veine (Leconte).

s'assurer d'abord si le métal existe en proportion notable. On examine ensuite l'allure, la puissance de la veine; on voit si elle est régulière ou non, si elle s'enfonce verticalement dans le sol. On doit aussi examiner s'il n'y a pas dans les environs d'autres veines de même nature, car souvent des veines identiques par leur composition sont parallèles et assez près les unes des autres. Cette examen préliminaire permet d'évaluer approximativement et le coût de l'exploitation et la valeur du produit qu'on pourra en retirer.

Il serait de plus imprudent de juger de la composition d'une veine métallifère par l'examen des parties superficielles. L'altération due à l'action atmosphérique modifie en effet beaucoup la nature des minerais qui s'y trouvent.

Fig. 65.

Il arrive encore souvent que ces veines, filons, dykes, etc., sont cassés, interrompus par des failles, ou par d'autres veines, qui les traversent de part en part. Cette intersection mutuelle de différents systèmes de veines permet d'établir leur âge relatif, les veines les plus anciennes étant évidemment celles qui sont traversées par les autres. Dans la fig. 65, il y a plusieurs systèmes de veines, *aa*, *bb*, *cc*, *dd*, d'âge différent. Il arrive enfin souvent qu'une veine est cassée par suite d'une frac-

Fig. 65.—Plusieurs filons d'âge différent.

ture de la croûte terrestre sans que pour cela il se forme d'autres veines qui la traverse. La figure 59 représente un dyke de trapp. C'est un exemple frappant des cassures multiples qui ont lieu dans des roches en apparence très dures. Les murailles de ce dyke sont une syénite granitoïde très compacte.

ARTICLE TROISIÈME

Modification des terrains stratifiés

STRUCTURE DES TERRAINS STRATIFIÉS. — Nous avons déjà fait connaître l'apparence générale de ces terrains, dans l'étude des roches sédimentaires. Ils se composent de *lits*, de *feuillets*, de *couches* superposées, variant souvent en composition, en structure, en apparence, d'un lit à un autre. Ces termes : *lit*, *feuillet*, *couche*, *strate* et autres du même genre, sont employés à peu près indifféremment les uns pour les autres. Les mots *terrain*, *formation*, désignent plus particulièrement l'ensemble des couches qui se sont formées à une même époque géologique.

La structure des lits peut être *compacte*, *laminaire*, *schisteuse*, suivant l'état physique des pierres qui les composent. La figure 66 représente la structure des rivages, structure qui se produit surtout sous l'influence du flux et du reflux. La structure des dunes, masses

de sables qui se déplacent sans cesse sous l'action du vent, se rapproche de la précédente, mais elle se trouve dans des assises plus développées.

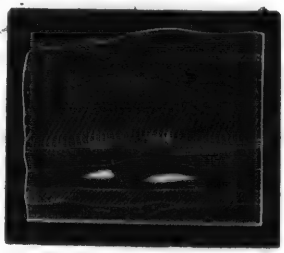


Fig. 66.

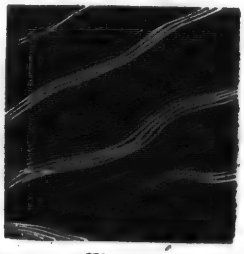


Fig. 67.

L'examen de la structure intérieure des lits nous donne donc une idée des circonstances dans lesquelles

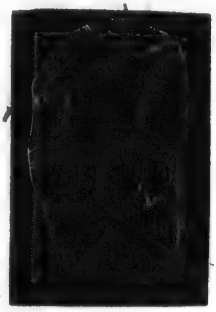


Fig. 68.

Fig. 69.

ils se sont formés. Il en est de même de l'apparence de leurs surfaces. On y voit quelquefois ces rides si

Fig. 66.—Structure des rivages.
Fig. 67.—Ondulations laissées par les vagues sur le sable.
Fig. 68.—Fissures causées par le desséchement des lits.
Fig. 69.—Empreintes des gouttes de pluie.

jolies, si régulières, que laisse sur le sable ou l'argile, l'eau qui se retire des rivages ou qui coule doucement sur un fond plastique, fig. 67. Ailleurs les lits, une

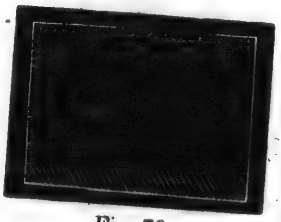


Fig. 70.

Fig. 71.

fois formés, se sont desséchés et fendillés par leur exposition à l'air. Puis ces fentes, remplies plus tard par des matières étrangères, restent en saillie lorsque la

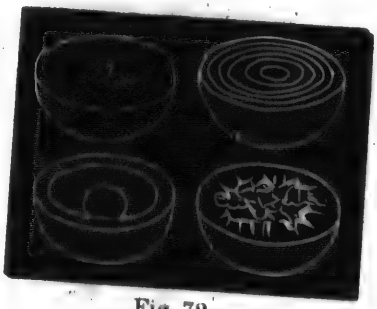


Fig. 72.

Fig. 73.

roche primitive disparaît, fig. 68. Enfin on trouve à la surface des lits d'argiles, les empreintes laissées par de grosses gouttes de pluies, tombées au moment où l'argilite était encore très molle, fig. 69. Ces empreintes

Fig. 70, 71, 72, 73.—Concrétions de diverses natures (Dana).

sont tellement semblables à celles qu'on a produites artificiellement de nos jours, que tout doute sur leur origine est impossible.

Il n'est pas rare non plus de rencontrer dans les lits de sédiment, des concrétions, des rognons de diverses formes, fig. 70 et 71. Ces concrétions ont à leur tour une structure qui varie, fig. 72 et 73. Assez souvent il y a au centre un corps étranger, fig. 72.

Les nodules argileux qui sont si abondants le long de l'Ottawa ont cette structure.

JOINTS, LEUR CAUSE, LEUR IMPORTANCE EN GÉOLOGIE.—On appelle joints des fissures très étroites, mais régulières et droites, qui se voient dans la plupart des

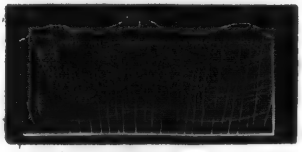


Fig. 74.

Fig. 75.

lits et qui pénètrent souvent à une très grande profondeur. Si un même lit est traversé par plusieurs systèmes de joints ayant chacun une direction déterminée, les roches qui le composent se sépareront facilement en blocs réguliers, et on sera porté à y voir l'effet d'une grossière cristallisation. Les joints sont quelquefois tellement rapprochés, tellement nombreux, dans une même roche, que celle-ci prend l'apparence schisteuse

Fig. 74, 75.—Direction relative des lits et des joints.

des ardoises, fig. 74. Et de fait il est probable que la schistosité des ardoises ainsi que les joints sont produits par les mêmes causes, agissant d'une manière un peu différente. Ces joints peuvent très facilement être confondus avec les plans de stratification : on en voit un exemple frappant dans le rocher de Québec, fig. 75, criblé en tous sens par une foule de fissures, qui font de l'étude de la stratification un vrai problème pour l'observateur novice.

Quelle est la cause des joints ?—Les joints existent surtout dans les terrains très tourmentés, qui ont été pliés, plissés de diverses manières, et soumis par conséquent à de fortes pressions. Leur direction n'a aucune relation avec l'orientation des lits, mais elle en a une bien marquée avec le sens des fractures ou des plissements qui se sont opérés sur une plus grande échelle. Nous citerons comme exemple les joints qui existent dans les roches laurentiennes de la Côte Beaupré, le long des ruptures que l'on peut trouver depuis le Sault-Montmorency jusqu'au Cap-Tourmente. Ils sont tous parallèles à ces ruptures. On peut le constater tout particulièrement dans les falaises de la chute Sainte-Anne, fig. 76, et à l'extrémité du Cap-Tourmente.

Fig. 76.

Daubrée a montré par des expériences remarqua-

Fig. 76.—Gneiss laurentien traversé par des joints.

bles que les joints pouvaient être causés non seulement par de puissantes pressions, mais encore par une faible torsion à laquelle auraient été soumises les couches géologiques. La figure 77 représente une lame de glace fendillée par une torsion de ce genre. Daubrée fait remarquer à ce propos, que les joints sont sensiblement parallèles, quelquefois légèrement divergents, qu'ils peuvent apparaître tous au même instant, et que la force qui les produit n'agit pas toujours rectangulairement à un système quelconque d'entre eux.

Fig. 77.

De tout ce qui précède on conclut que l'étude et la détermination du sens des joints dans un endroit en particulier sont importantes à faire, à cause des déductions qu'on en peut tirer relativement à la direction des forces qui y ont modifié la position originelle des lits géologiques.

Nous avons vu plus haut que la structure schisteuse des ardoises avait quelques relations avec les joints. Cette structure en effet est également le résultat de pressions qui se sont fait sentir perpendiculairement à la surface de clivage des schistes. Ce fait est prouvé amplement par les belles expériences de Daubrée sur le fer, la fonte et l'argile rendus schisteux par la seule compression. Tyndall croit que dans cette compression énergique les particules anguleuses qui com-

---

Figure 77.—Fissures causées par torsion, dans une lame de glace.

posent la roche sont comme *écrasées*, deviennent de véritables petites lamelles qui donnent à toute la masse la structure schisteuse. Le sens de clivage des ardoises est toujours oblique par rapport à la surface des lits, fig. 54.

Position originelle des lits sédimentaires.—Ces lits ont été d'abord des amas de sable, de glaise ou autres détritus rocheux. On peut dire qu'ils se sont presque tous formés horizontalement, Cela se conclut de leur mode de formation même et de la comparaison avec ce qui se passe encore de nos jours. En effet, dans les eaux, profondes ou non, les dépôts mécaniques se disposent toujours régulièrement.

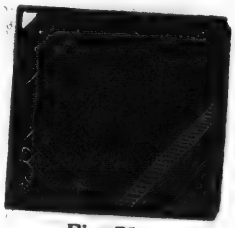


Fig. 78.

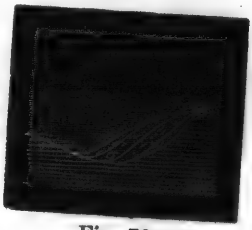


Fig. 79.

Les deltas qui se trouvent à l'embouchure de plusieurs fleuves ont souvent des centaines, des milliers de milles en superficie. Or les lits qui les composent sont horizontaux. Quelques lits géologiques étaient autrefois des marécages semblables aux marais de notre

Fig. 78.—Troncs d'arbres perpendiculaires à des lits maintenant inclinés mais primitivement horizontaux.

Fig. 79. — Dépôts inclinés, formés à l'embouchure des rivières.

époque, mais beaucoup plus étendus. Or le fond des marais est généralement horizontal, et les dépôts qui s'y forment sont nécessairement horizontaux. Plusieurs lits de houille contiennent d'ailleurs des troncs d'arbres perpendiculaires à leur surface, fig. 78, qui témoignent de leur position primitivement horizontale.

Il n'y a d'exception à cette loi générale que pour les lits qui se forment au lieu de déversement d'une rivière dans un lac ou dans la mer, fig. 79. Ces lits sont inclinés comme le fond du lac ou de la mer. Mais ce n'est là, en réalité, qu'une exception, et on peut dire que tous les lits géologiques ont été primitivement horizontaux.

Plissements, synclinales, anticlinales.—Les lits n'ont pas gardé leur position première. Ils ont été presque toujours pliés, plissés, cassés, de telle façon qu'on les rencontre dans une multitude de positions diverses. Ces plissements offrent différents caractères suivant qu'on les étudie dans des roches plus ou moins anciennes. Dans des roches très anciennes les lits

Fig. 80.

sont plutôt plissés que pliés, et les plissements sont très nombreux, fig. 80. Dans les roches plus récentes les

Fig. 80.—Plissements des terrains laurentiens, (Logan).

plissements sont plus réguliers. Dans la fig. 81, on saisit à première vue le contraste qui existe entre les plissements de deux formations d'âge différent. Les terrains inférieurs, plus anciens, sont beaucoup plus tourmentés que les terrains supérieurs.

Fig. 81.

Dans le cas de plissements multiples, on appelle *anticlinale* cette ligne de chaque côté de laquelle les lits descendent, et *synclinale* cette ligne de chaque côté de laquelle les lits remontent. Ainsi dans la fig. 82, *s* est une synclinale, et *a* une anticlinale. Il n'est pas nécessaire que les couches pliées restent entières pour qu'on puisse localiser une synclinale ou une anticlinale.

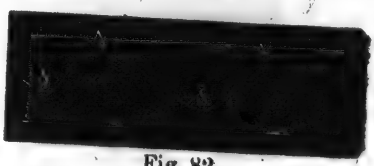


Fig. 82.

DISLOCATIONS, FAILLES.—Non seulement les lits ont été pliés, mais encore ils se sont quelquefois rompus, et l'une des lèvres de la fente s'est déplacée par rapport à l'autre, fig. 83. La valeur de ce déplacement varie depuis une fraction de pouce jusqu'à plusieurs milliers de pieds. Ce mouvement a pu se faire soit

Fig. 81.—Superposition des terrains paléozoïques aux terrains éozoïques (Logan).
Fig. 82.—Anticlinales et synclinales.

verticalement, soit horizontalement, soit obliquement par rapport à l'horizontale ou à la verticale. Le mouvement d'un côté de la rupture a généralement pour effet

Fig. 83.

de courber la tranche des lits en contact, fig. 83 *a*. Quelquefois la rupture s'élargit et l'espace se remplit

Fig. 84.

des fragments des lits rompus, fig. 83 *c*. Ces failles en général, ne se produisent que très lentement ; la cour-

Fig. 85.

bure régulière des lits, au point de rupture, en est une preuve évidente.

Fig. 83.—Différents types de failles.
Fig. 84.—Dénudation.
Fig. 85.—Plissements entiers.

DÉNUDATION.—Les lits, une fois pliés, ne sont pas restés entiers, l'eau et les divers agents atmosphériques en ont fait disparaître à la longue une partie. A ce phénomène on a donné le nom de *dénudation*. Cette dénudation rend quelquefois l'étude d'une formation

Fig. 86.

géologique assez difficile, et peut donner lieu à de graves erreurs. Ainsi la figure 84 nous donne une suite de lits, sans aucune apparence de plissements, tandis qu'il est fort possible que cette série soit le résultat de

Fig. 87.

plissements analogues à ceux de la figure 85, dont la partie supérieure aurait été enlevée. La figure 86, qui représente une coupe faite à Lévis depuis le fleuve en L jusqu'à un mille ou deux du rivage, en allant vers

Fig. 86.—Section à Lévis, montrant la valeur de la dénudation, *a* anticlinales, *b* synclinales, (Logan).
Fig. 87.—Stratification discordante.

le sud S, est un excellent exemple de plissements profondément affectés par l'érosion.

STRATIFICATION CONCORDANTE ET DISCORDANTE. — Quand plusieurs lits sont parallèles, on les dit être en *stratification concordante*. Mais si un certain nombre de lits, après avoir été pliés puis modifiés par l'action érosive des pluies et de l'atmosphère, se trouvent plongés sous l'eau, d'autres dépôts se feront à leur surface, lesquelles ne seront évidemment pas parallèles aux lits primitifs. On les dira être avec ceux-ci en *stratification discordante*. Dans la figure 87 les lits *aa* sont en stratification discordante avec les lits *b*. Il est évident que ceux-ci sont plus anciens que ceux-là.

Fig. 88.

MESURE DE L'INCLINAISON DES LITS. — Il est souvent nécessaire de mesurer l'inclinaison des lits. On appelle inclinaison des lits, l'angle qu'ils font avec l'horizon. Dans cette mesure, on s'occupe non seulement de la valeur de l'inclinaison, mais encore de sa direction. Ainsi on dira, une inclinaison de 25° vers le sud. En versant un peu d'eau sur la surface inclinée d'un lit on

Fig. 88.—Recherche de l'inclinaison maximum des lits.

reconnaît très bien la direction de l'inclinaison maximum. La ligne horizontale perpendiculaire à celle d'inclinaison est appelée *ligne de saillie* ou *d'affleurement*.

Fig. 89.

Dans la figure 88 *in* est la ligne d'inclinaison, et *is* est la ligne d'affleurement. Quand la tranche seule des lits est exposée, il serait imprudent de prendre l'incli-

Fig. 90.

naison apparente des feuillets de cette tranche comme étant l'inclinaison réelle des couches ; cette inclinaison

Fig. 89.—Variation de l'inclinaison apparente des lits causée par différentes sections non parallèles.
Fig. 90.—Clinomètres.

apparente pouvant varier avec la direction de la section. C'est ce qu'il est facile de voir dans la figure 89, où un même ensemble de lits donne des sections à tranches inégalement inclinées.

Cette inclinaison se mesure à l'aide de clinomètres. Nous en donnons ici deux espèces qui se comprennent à simple vue, fig. 90. On détermine la direction de l'inclinaison ou de la ligne de saillie, à l'aide d'une boussole ordinaire. Lorsqu'on étudie la stratigraphie d'une contrée en particulier, on ne saurait trop multiplier les déterminations des inclinaisons et des lignes de saillie ; car c'est uniquement avec ces données qu'on peut se faire une idée de la structure intérieure des formations géologiques dont on ne peut voir le plus souvent que la surface.

ARTICLE QUATRIÈME

Détermination de l'âge relatif des terrains

Si les lits géologiques n'avaient subi aucun changement de position depuis leur origine, il serait facile de trouver leur âge relatif. Il suffirait de déterminer leur ordre de superposition, et le plus ancien serait toujours celui qui occuperait un étage inférieur dans la série. Mais cette condition ne se rencontre, pour ainsi dire, jamais. De plus, si l'on veut déterminer quelles sont les couches qui se correspondent en différents pays,

on se trouve en présence d'autres difficultés bien plus graves encore. En premier lieu, chacun des lits géologiques ne recouvre pas tout le globe. Une couche en particulier pourra, par exemple, s'être formée en Canada et ne pas s'être formée aux Etats-Unis. Ajoutons que, grâce aux oscillations irrégulières des continents, une certaine portion de leur surface s'est trouvée plongée sous les eaux et recouverte d'une série de dépôts reposant directement sur d'autres lits beaucoup plus anciens, sans qu'on rencontre, entre ces deux formations, les lits intermédiaires qui se trouvent ailleurs. En Canada, pour ne citer qu'un exemple, les argiles *quaternaires* reposent sur les roches *siluriennes* et *laurentiennes*, et l'on ne trouve souvent aucune trace des terrains intermédiaires.

Ajoutons encore que le même lit n'a pas toujours la même composition ni la même apparence, si on l'examine en deux endroits éloignés l'un de l'autre. Quelquefois cette différence date de l'origine même, quelquefois elle est le résultat d'un métamorphisme plus ou moins prononcé. De plus, les lits ne sont nulle part horizontaux, ils ont été pliés, cassés de diverses manières, et ces déplacements des couches, joints à l'érosion, ont souvent eu pour effet de disposer quelques-unes d'entre elles

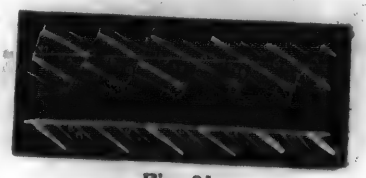


Fig. 91.

Fig. 91.—Répétition d'un lit par suite de failles multiples, (Dana).

dans un ordre qui est bien différent du véritable ordre chronologique. Une même couche sera ainsi répétée soit par suite de failles multiples, fig. 91, soit par des plissements serrés dont les sommets ont été enlevés par l'érosion, fig. 85. Ailleurs un terrain plus ancien sera apparemment superposé à un terrain plus récent, telle est, fig. 92, la superposition du *Groupe de Québec* Q, aux argilites de la *Rivière Hudson* H, sur les grèves de Saint-Pierre, I. O.

Fig. 92.

Enfin le sol arable, qui recouvre souvent de grandes surfaces des couches rocheuses, rend très difficile, pour ne pas dire impossible, l'étude de la position relative de celles-ci.

Voici toutefois les moyens que l'on emploie pour déterminer l'ordre chronologique des terrains, moyens qui éludent plus ou moins complètement ces difficultés :

1° En suivant une coupe de rivière ou de chemin de fer, il est quelquefois possible de déterminer directement l'ordre de superposition d'un bon nombre de lits géologiques.

2° On remarque aussi le caractère lithologique des terrains. Mais c'est là un moyen fort précaire ; il

---

Fig. 92.—Superposition apparente du groupe de Québec sur les schistes Rivière Hudson.

ne peut avoir quelque valeur que dans deux localités très rapprochées. En effet un *même* lit peut, dans deux endroits éloignés, avoir une composition complètement différente.

3° Le moyen, pour ainsi dire, classique, est l'étude des fossiles. Il est le seul qui soit décisif.

FOSSILES, LOI RELATIVE À LEUR DISTRIBUTION DANS LES DIFFÉRENTS TERRAINS.—On appelle *fossiles*, des restes d'animaux ou de plantes qu'on trouve dans le sein de la terre. Ce sont des reliques qui nous font connaître les espèces animales ou végétales qui existaient lorsque les lits où on les trouve se formaient. Evidemment, parmi tous les êtres de la création, ce sont les êtres marins dont les restes ont été plus parfaitement conservés, parce qu'après la mort, ils sont demeurés ensevelis sous les eaux et préservés de l'action des agents atmosphériques. Chez les animaux terrestres, les os seuls ont échappés à la destruction.

Ces fossiles nous donnent un excellent moyen de déterminer l'âge d'un terrain, parce qu'il est constant que, pour une même époque, les genres, souvent même les espèces, sont semblables. Ils sont différents pour des époques différentes.

Les fossiles des diverses époques sont maintenant assez bien connus. C'est grâce à eux qu'on a prouvé l'existence des terrains crétacés dans la partie est de l'Amérique du Nord. De même on a reconnu en Angleterre, en Ecosse, dans les Indes, même en Australie, des terrains contemporains de nos terrains canadiens. Cependant cette méthode a encore ses chances d'erreur. Il est possible, par exemple, qu'un continent ait reçu

ses espèces animales d'un autre continent, longtemps après leur apparition sur ce dernier. De plus les exterminations ont pu être beaucoup plus complètes en un endroit qu'en un autre, et par conséquent, quelques espèces animales ont pu exister plus longtemps dans certaines localités. Pour une même époque les fossiles doivent encore différer suivant qu'on a affaire à un dépôt d'eau douce ou d'eau salée, à une formation superficielle ou d'eau profonde. Cependant, étudiés avec soin et circonspection, les fossiles constituent, dans leur ensemble, le meilleur mode de détermination qui soit à notre disposition.

CHAPITRE TROISIÈME

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

La Géologie dynamique, dit Dana, traite des *causes* des événements qui se sont passés durant l'histoire géologique de la terre. Elle s'occupe de l'origine des roches, des bouleversements que celles-ci ont subis, de l'origine des montagnes, etc. Pour mener à bonne fin ses recherches, elle étudie surtout les agents qui contribuent encore de nos jours, soit à former des lits géologiques, soit à les modifier ; elle suppose que les mêmes causes ont agi durant les diverses périodes géologiques, et se voit ainsi en mesure d'en apprécier les effets.

On peut grouper les agents qui sont entrés en jeu dans la formation ou la modification des lits, sous cinq chefs principaux : 1° La vie. 2° L'atmosphère. 3° L'eau. 4° La chaleur. 5° Les oscillations de la croûte terrestre.

ARTICLE PREMIER

La vie

La vie a contribué et contribue encore pour une bonne part à la formation de plusieurs lits géologiques.

Parmi ceux-ci nous citerons presque tous les calcaires, les lits de houille, plusieurs lits siliceux, la tourbe, etc. Nous commencerons par étudier l'origine de cette dernière.

Origine des lits de tourbe. — La tourbe est une accumulation de matières végétales, à demi décomposées, dans les marais ou les terrains humides. A nos latitudes, les tourbes ne se composent guère que de *sphaignes*, classe de mousses qui peuvent végéter indéfiniment; car à mesure que la partie inférieure meurt et se décompose, la partie supérieure s'accroît sans cesse. Les débris des végétaux qui poussent dans les environs, les carcasses d'animaux, se mêlent à ces sphaignes et sont englobés dans le lit tourbeux.

Ces matières organiques subissent comme un commencement de distillation, qui en fait une matière brune, spongieuse, assez friable. La matière végétale y perd beaucoup de gaz; toutefois elle garde jusqu'à 25% d'oxygène. Dans certains cas, la tourbe ressemble tout à fait à la houille. Les tourbières étaient préalablement des lacs qui se sont remplis peu à peu et changés en marais. En effet, on trouve presque toujours sous la tourbe un lit de marne coquillière blanche.

Nous avons de vastes tourbières au Canada; nous en avons parlé en minéralogie.

On a trouvé, dans une tourbière d'Irlande, un corps humain parfaitement conservé, qui était recouvert de 11 pieds de tourbe. La tourbe jouit donc de remarquables propriétés antiseptiques. Ceci est peut-être dû à la présence de l'acide ulmique ou d'une espèce de

bitume, qui se produit toujours quand une matière organique se décompose en présence d'un excès d'eau.

Lits d'organismes microscopiques.—Presque toujours les eaux douces ou salées renferment une foule d'être vivants microscopiques. Quelques-uns sécrètent une carapace calcaire, d'autres une carapace siliceuse. Parmi les organismes calcaires, se placent les *Rhyzopodes* et les *Coccolites*; les premiers sont des animaux, les seconds, des plantes. Parmi les organismes siliceux se rangent les *Diatomées*, plantes, et les *Polycistines*, animalcules. Ces deux dernières classes constituent à peu près exclusivement les lits de *Tripoli* et de *terre d'infusoires*. Le silex est souvent composé de diatomées ou de spicules tubuleuses d'éponges. Les rhizopodes constituent les lits de craie, et, de nos jours, il y a, entre Terreneuve et l'Irlande, une surface appelée plateau télégraphique, qui est recouverte d'un lit de rhizopodes, dont l'épaisseur augmente tous les jours. C'est une véritable couche de craie en voie de formation.

Coraux.—Les coraux ne prennent un grand développement que dans les mers tropicales et surtout dans les parties qui ne sont pas sillonnées par des courants froids. Ils vivent depuis une profondeur qui ne dépasse pas 100 pieds jusqu'au niveau de la marée basse.

Ces coraux, n'étant souvent que des branches siliceuses plus ou moins ramifiées, ne sauraient former à eux seuls des lits compacts. Mais sous l'action des vagues, ces rameaux pierreux se brisent, se réduisent en fragments qui viennent se loger dans les interstices des coraux non brisés. Là s'accumulent encore les coquil-

lages de toute espèce, lesquels s'agglomèrent ensemble par l'action chimique de l'eau et, à la longue, forment un banc compact. Il sera pur, s'il est composé uniquement de débris de coraux ou de coquilles ; il sera impur, si des sables et des argiles sont, en même temps, charriés par l'eau et ajoutés aux premiers débris.—Ce lit ne pourra pas s'élever plus haut que le niveau de la marée basse, car les coraux ne sauraient vivre exposés hors de l'eau aux rayons d'un soleil tropical. Donc jamais les lits de coraux ne dépasseront l'épaisseur maximum de 100 pieds, à moins que le fond sur lequel ils reposent ne s'enfonce lentement. Si, dans ce dernier cas, la vitesse d'enfoncement égale celle de la formation du lit de corail, ce dernier pourra augmenter indéfiniment, tout en restant à la même hauteur par rapport à la surface de l'océan qui l'entoure.

Dans les périodes géologiques anciennes, on trouve des lits de coraux qui ont des milliers de milles de superficie et plusieurs centaines de pieds d'épaisseur. Il faut donc admettre qu'ils se sont formés dans des mers relativement chaudes et à eau limpide (les coraux ne vivant pas dans l'eau boueuse), peu profondes et dont le fond s'enfonçait graduellement sous les eaux.

De nos jours, les coraux prennent un grand développement dans le Pacifique. Ils y entourent un grand nombre d'îles sous forme d'une ceinture de récifs, placée à une certaine distance du rivage, fig. 93. Le mouvement d'enfoncement qu'on attribue, non sans raison, aux terres de cette partie du monde, fait peu à peu disparaître l'île elle-même, et il ne reste plus qu'une

couronne de récifs enveloppant une lagune intérieure, fig. 94. Ces îles ont reçu le nom d'*atolls*.

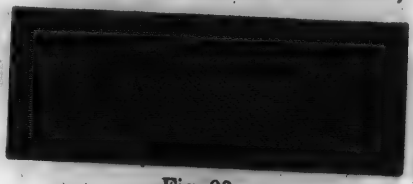


Fig. 93.

Les lits de calcaires ont donc une double origine : les organismes microscopiques et les coraux. Quelques-uns ont une origine chimique, comme le Travertin ; nous les étudierons plus loin en parlant de l'action chimique de l'eau.

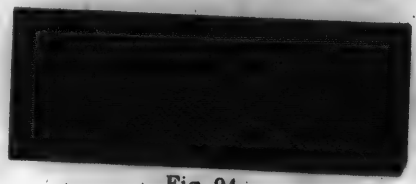


Fig. 94.

ARTICLE DEUXIÈME

L'atmosphère

L'action de l'atmosphère relativement à la formation des lits et à leur modification est double : *chimique* et *mécanique*. La première se manifeste surtout par la décomposition des roches exposées à l'air. Quelquefois on peut expliquer chimiquement ces décompositions, mais le plus souvent l'action désagrégeante de l'air reste un mystère. Il semble que les gaz qui agissent surtout

Fig. 93 et 94.—Iles à coraux et atolls.

pour provoquer ces décompositions soient l'acide carbonique et la vapeur d'eau. On sait, par exemple, que sous cette influence, plusieurs feldspaths se décomposent, les eaux enlèvent le silicate alcalin et le silicate d'alumine reste sous forme d'argile. L'oxygène agit aussi comme oxydant, particulièrement sur les bitumes et les carbures d'hydrogène en général.

La plupart des roches cèdent à l'action chimique de l'air ; elles changent de couleur, de tenacité.

Cette météorisation des roches se fait avec plus ou moins d'énergie, suivant la nature de la roche et l'énergie des agents atmosphériques.

L'action mécanique de l'air est peut-être plus importante. Les vents transportent beaucoup de sable et lorsque, dans un pays sablonneux, ils soufflent longtemps dans la même direction, les roches sont polies par le frottement des particules siliceuses. Au Cap-Cod, les vitres des fenêtres sont quelquefois percées par le choc des grains de sable, ce qui montre l'action assez énergique de ces particules sableuses.

Dunes.—Les *dunes* sont des collines de sable, qui se déplacent constamment sous l'impulsion du vent. Elles se forment de préférence sur les rivages à sable siliceux, et là où les vents de mer soufflent pendant longtemps. Sous l'influence de ces courants d'air, les sables s'accumulent en collines qui peu à peu s'avancent, comme des bancs de neige, vers l'intérieur des terres et finissent par envahir de vastes espaces. Les rivages de la Gascogne, en France, sont recouverts par des dunes qui, pendant longtemps, ont menacé sérieusement toute cette partie du pays. On est parvenu à les fixer

à l'aide de semis et de plantations de pins. Sur les côtes du Rhode-Island, du New-Jersey, les mêmes dunes existent. En Canada, les dunes proprement dites sont très rares ; cependant, dans les champs sablonneux de Lanoraie, on peut voir, durant un été très sec, de petits monticules de sables, ressemblant à nos bancs de neige, et qui sont des commencements de dunes.

Mais le meilleur exemple se voit sur la rive nord-est du lac Saint-Jean ; les dunes y atteignent une centaine de pieds de hauteur, et leur structure caractéristique est parfaite.

ARTICLE TROISIÈME

L'eau

L'eau exerce son action de diverses manières. Elle peut agir à l'état liquide ou à l'état solide, elle peut encore être étudiée comme agent chimique ou comme agent mécanique, et cette double action peut être considérée dans les eaux superficielles et dans les eaux souterraines. Dans les pages qui suivent, nous verrons successivement l'action de l'eau à l'état liquide, et celle de la glace. Relativement à la première nous étudierons l'action chimique et mécanique de l'eau douce et de l'eau salée.

I.—*Action chimique de l'eau*

L'action chimique de l'eau consiste surtout à dissoudre certaines roches comme les calcaires, pour aller

les déposer ailleurs. L'eau ne peut dissoudre le calcaire qu'à la condition d'être chargée d'acide carbonique ; au contact de cette eau et des lits calcaires, il se forme un bicarbonate de chaux soluble. Cet acide carbonique, l'eau le trouve dans l'atmosphère elle-même et surtout dans l'humus du sol. L'action dissolvante de l'eau se fait sentir avec une assez grande énergie. Quelques géologues ont cru pouvoir lui attribuer la formation des cavernes, fig. 95, qui se voient dans différents pays. En effet ces cavernes se trouvent généralement dans les terrains calcaires.

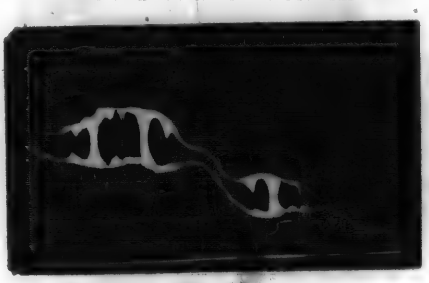


Fig. 95.

Les courants souterrains produisent aussi des effets d'érosions, creusent des vides qui peuvent quelquefois provoquer des effrondrements ou le glissement des couches les unes sur les autres. Les exemples de ces phénomènes ne manquent pas.

L'action chimique de l'eau chaude est beaucoup plus marquée. L'eau surchauffée dissout une foule de

---

Fig. 95.—Caverne creusée par l'eau dans une formation calcaire.

substances qu'elle ne dissout pas aux températures ordinaires, la silice, entre autres. En outre, elle peut se décomposer, céder ses éléments aux corps avec lesquels elle vient en contact, et agir alors comme substance minéralisatrice. La porosité plus ou moins grande des roches, jointe à la pression, permet à l'eau des océans d'atteindre une grande profondeur, et, par conséquent, il est tout probable que cette eau est souvent surchauffée. Nous verrons plus tard, à propos des volcans et du métamorphisme, quelques effets de cette eau sur les lits géologiques.

L'action chimique de l'eau des océans se complique de la présence des sels qu'elle tient en dissolution. C'est elle en particulier qui, étant surchauffée, devient capable d'effets chimiques très puissants.

II.—*Action mécanique de l'eau*

Érosion.—De la surface de l'océan et du sol s'élève constamment de la vapeur d'eau qui va se condenser dans les hautes régions atmosphériques. Cette eau retombe en gouttelettes de pluie ; la réunion de ces gouttes constituent d'abord de petits ruisseaux dont l'ensemble forme les rivières et finalement les fleuves. Le volume d'eau rejeté dans la mer par un fleuve n'est en général que le quart de celui qui tombe sous forme de pluie ou de neige sur la surface drainée par ce fleuve. Le reste, ou bien est évaporé immédiatement là où il tombe, ou bien sert à la nutrition des plantes. Une très petite portion disparaît encore en se combinant avec les roches.

L'*érosion* ou *dénudation* se produit partout où l'eau est en mouvement. La goutte de pluie laisse sa trace sur le sable qui la reçoit, fig. 96, le ruisselet y trace un petit sillon, le ruisseau creuse un peu plus avant ; le torrent, qui roule sur les pentes abruptes, use les roches, brise les arbres qu'il rencontre et entraîne leurs débris avec lui ; enfin les rivières, surtout à l'époque des inondations, attaquent leurs berges et élargissent peu à peu les vallées dans lesquelles elles coulent. Cela est vrai en particulier des rivières qui coulent dans des plaines d'alluvions. La figure 97 nous montre une rivière, augmentant successivement les dimensions de ses méandres. Le chenal est d'abord droit. Une différence de dureté dans une portion du rivage fait que l'eau y creuse une petite cavité qui dirige le courant obliquement sur la berge opposée. Celle-ci se creuse à son tour, et peu à peu les méandres deviennent de plus en plus marqués, jusqu'à ce que deux d'entre eux *(a* et *b)* s'unissant l'un à l'autre, la courbe *c* se trouve en dehors du courant. Telle est l'origine des lagunes en forme de croissants *l* qui existent le long de cer-

Fig. 96.

Fig. 97.

Fig. 96.—Traces de gouttes de pluie.

Fig. 97.—Transformation et déplacement du lit d'une rivière.

taines rivières. Ces lagunes s'observent très bien dans la partie supérieure du cours de l'Etchemin, à Standon ; à Saint-Raymond et ailleurs.

Lorsqu'une rivière coule sur un sol pierreux, elle y creuse un lit plus étroit, mais tout aussi capricieux et qui atteint quelquefois une grande profondeur. De cette manière se forment les *canons* du Colorado et de quelques autres territoires des Etats-Unis. Les murs de ces gorges, taillés à pic, ont souvent plus de 5000 pieds de hauteur. Si, sur son parcours, la rivière rencontre un lit qui cède plus difficilement que les autres à l'érosion, il s'y formera une chute. Telle est la cause de la chute Montmorency, fig. 98 C. du Sault-à-la-Puce, de la chute Ste-Anne, toutes produites par le contact immédiat des lits mous et friables de *Utica* H avec les lits granitiques du *laurentien*. De même à la chute Niagara, le lit supérieur, qui est calcaire, est plus dur que le lit inférieur et disparaît moins vite sous l'action érosive de l'eau.

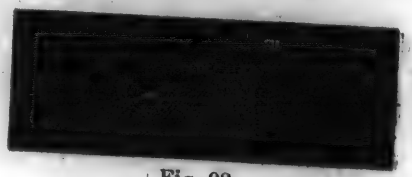


Fig. 98.

Un autre effet de cette action érosive est de changer la forme des montagnes et surtout de diminuer leur hauteur. On remarque en effet que plus les montagnes sont anciennes, plus elles sont basses, plus elles sont arrondies, polies, pour ainsi dire, par l'action des eaux atmosphériques.

Fig. 98.—Section à la chute Montmorency.

Dans les montagnes dont l'existence remonte aux premières époques géologiques, on ne voit jamais ces pics abrupts qui s'élancent d'un seul jet à plusieurs milliers de pieds de hauteur. La ligne des sommets est plus douce, moins brisée. Telle est l'apparence générale des Laurentides, les aînées de toutes les montagnes du globe. Dans les chaînes plus récentes, comme les Montagnes Rocheuses, les Andes, les Alpes, les Pyrénées, les contours sont beaucoup plus irréguliers, les sommets plus aigus. Ce ne sont plus des *dômes*, des *ballons*, mais bien de véritables *aiguilles*, sur les flancs desquelles les neiges et les glaciers exercent leur action érosive jusqu'à ce qu'ils les aient sculptées et arrondies comme les montagnes les plus anciennes.

EFFET DES PLISSEMENTS ET DE LA DURÉTÉ RELATIVE DES LITS SUR LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION.—Il est évi-

Fig. 99.

Fig. 100.

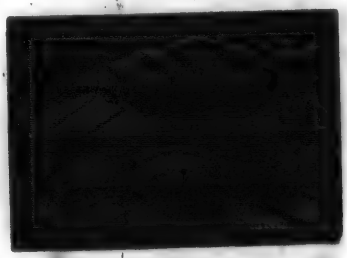


Fig. 101.

dent que la disposition des lits géologiques, leur dureté plus ou moins grande doit avoir une influence sur les

Fig. 99, 100, 101.—Effet des plissements sur les phénomènes de dénudation (Lesley).

effets d'érosion. Un lit mou, profondément altéré par l'atmosphère, disparaîtra plus vite qu'un lit plus dur. Les figures 99, 100, 101, empruntées à Lesley, font voir les effets de ces deux causes sur les phénomènes d'érosion. Les lits sans hachure sont supposés être plus durs que les autres. On remarquera que les synclinales résistent mieux que les anticlinales. Cela est dû à la dureté plus grande qu'elles acquièrent par suite de la compression à laquelle elles se trouvent soumises.

Fig. 102.

Les anticlinales, au contraire, se fendillent, deviennent plus friables par l'opération du plissement. C'est ce que montre d'une manière plus évidente encore la figure 102.

Transport par les eaux.—Les substances minérales enlevées par érosion sont transportées par les eaux. Les unes sont distribuées dans les plaines d'alluvion que sillonnent les rivières, d'autres se rendent jusqu'à la mer. La force de transport d'un courant augmente très vite. Un courant de trois pouces par seconde peut transporter de l'argile, un courant de six pouces, du

Fig. 102.—Dénudation des anticlinales, persistance des synclinales.

sable fin, un courant de huit pouces, du gros sable, un courant de douze pouces, des pierres de la grosseur d'un œuf de poule. Le pouvoir de transport augmente ainsi beaucoup plus rapidement que la vitesse du courant. Suivant donc que, dans une rivière, le courant diminue d'intensité, le fond se couvre de gravier, de sable ou d'argile.

Durant ce transport les pierres qui voyagent, en frottant les unes sur les autres ou sur le fond, s'usent, s'arrondissent. Elles tournoient avec les remous et creusent dans le roc des trous arrondis, très réguliers, qu'on désigne sous le nom de *marmites de géants*.

La quantité des matériaux transportés varie d'un fleuve à l'autre. Annuellement le Mississipi charrie assez de substances terreuses pour faire un solide d'un mille carré de surface et de 241 pieds de hauteur.

Alluvions.— Une partie de ces matériaux se dépose dans les plaines, le long des rivières, et forme ce qu'on appelle des alluvions. Celles-ci sont composées de sables et d'argiles stratifiés ; elles sont souvent riches en débris organiques.

Deltas.—Les deltas sont de vastes surfaces d'alluvion placées à l'embouchure des fleuves, qui charrient beaucoup de matières solides. Le fleuve gagne la mer à travers cette plaine, en se partageant en une foule de branches. La forme des deltas est généralement celle d'un triangle dont le sommet est dirigé du côté de la terre. C'est de cette forme qu'est venu le nom de *delta*, par allusion à la forme de la quatrième lettre de l'alphabet grec. Le delta du Nil, fig. 103, est un exemple, pour ainsi dire, classique de cette forme triangulaire.

La surface des deltas varie. Celui du Nil a 100 milles de longueur et 200 milles de largeur; celui du Gange a 220 milles de long et 200 milles de large; celui du Mississipi a une surface de 13,200 milles carrés. Dans ce dernier, fig. 104, on voit très bien comment chacune des branches du fleuve s'avance sans cesse dans la mer en se créant à mesure de nouveaux rivages, par le transport constant des alluvions. Les deltas, en effet, ne sont que le résultat de l'accumulation à l'embouchure des fleuves, des détritus de toute espèce, que l'eau entraînait et qui tombent sur le fond de la mer là où le courant fluvial cesse.

Fig. 103.

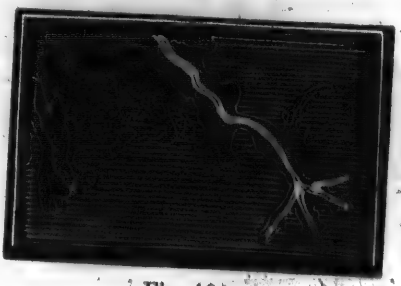


Fig. 104.

Barres.—Si les rivières ou les fleuves se déchargent dans une mer où il y a marée, assez souvent le courant de marée empêche les deltas de se former. Ces rivières

Fig. 103.—Delta du Nil.
Fig. 104.—Delta du Mississipi.

se terminent par des embouchures très larges, appelées *estuaires*, dans lesquelles la marée, montant à une grande hauteur, cause un courant très puissant. Dans la baie de Fundy, le flot de marée atteint une hauteur de 90 pieds. Le courant cesse là où le flot rencontre les eaux profondes de l'océan, et c'est là que se déposent les matières charriées par les rivières. Elles y produisent des espèces de levées en forme de croissant, qu'on appelle

Fig. 105.

barres, fig. 105. Ces barres existent à l'embouchure de plusieurs rivières de la Gaspésie. On leur donne là le nom de *barachois* (barre-à-choir ?).

Eau de l'océan.—L'action mécanique des vagues est très puissante. On peut l'assimiler à celle d'une chute qui aurait même hauteur que les vagues. Aussi, sous leur choc répété, les rochers sont-ils brisés, réduits en poussière, surtout là où la mer est très agitée. On a remarqué que le niveau de la plus grande érosion est sensiblement mitoyen entre la haute et la basse mer.

L'effet de cette érosion sur les côtes est de les régulariser. Peu à peu les caps tendent à disparaître et les

Fig. 105.—Estuaire avec barre.

rivages ne sont plus qu'une suite de baies arrondies et peu profondes. Voilà ce qui explique, jusqu'à un certain point, pourquoi la forme des rivages est si différente dans les pays méridionaux et dans les pays septentrionaux. Chez ces derniers, la glace qui les a recouverts pendant longtemps, durant les dernières périodes géologiques, tout en creusant des baies très profondes et irrégulières *(fjords)*, a empêché l'action des vagues de s'exercer sur leurs rivages. Au sud, au contraire, l'absence du glacier continental a permis aux vagues de modifier plus complètement la forme des côtes. Cette différence est très marquée lorsqu'on compare les côtes de Terreneuve ou du Labrador avec celles de Cuba ou de la Colombie.

Les débris ainsi formés par l'action des vagues sont transportés ensuite par les courants, soit sur les rivages, soit au fond de l'océan, où ils peuvent, à la longue, former des lits d'une grande épaisseur.

Courants océaniques.—La disposition générale et la direction de ces courants sont profondément modifiées par la situation relative des continents. Cependant le système de circulation est le même dans les mers des deux hémisphères. La figure 106 représente théoriquement la circulation dans chaque hémisphère ; E O est l'équateur, E l'est et O l'ouest. Deux ellipses immenses sont décrites par les courants équatoriaux et leurs dérivés. A l'équateur ces courants vont de l'est à l'ouest, ils vont de l'ouest à l'est dans les latitudes plus élevées. Une partie du courant équatorial est encore dérivée vers les pôles et constitue un véritable extra-courant. Elle en revient avec les eaux des mers polaires sous

forme d'un courant froid qui longe de préférence les côtes orientales des continents. Ce système général de circulation océanique se déplace dans son ensemble, de quelques degrés, vers le sud ou vers le nord, avec le changement des saisons. Lorsqu'un courant froid rencontre un courant chaud, il continue sa marche mais en gagnant les profondeurs de l'océan, le courant chaud, étant plus léger, reste à la surface.

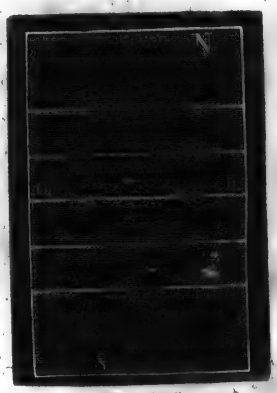


Fig. 106.

La carte des courants de l'Atlantique, fig. 107, servira d'application aux lois générales qui viennent d'être énoncées. E est le courant équatorial. Il se partage sur les côtes du Brésil en deux parties. L'une se dirige vers le sud en longeant les côtes de l'Amérique du Sud. L'autre, la plus importante pour nous, entre dans le Golfe du Mexique, en suit les contours et vient en sortir par l'ouverture ménagée entre les îles Bahamas et la Floride. A partir de ce moment, ce courant est connu sous le nom de *Courant du Golfe (Gulf stream)*. Après avoir traversé l'océan obliquement, il se partage en deux sur les côtes de l'Europe : une partie se dirige vers le sud pour se joindre au courant E et compléter l'ellipse équatoriale ; le reste longe les côtes d'Irlande et d'Ecosse et pénètre dans les mers polaires pour en revenir sous forme de courants polaires P P'. Un de

Fig. 106.—Tracé théorique des courants marins (Dana).

ces derniers, P, côtoie le Groënland, puis le Labrador, pénètre en partie dans le Golfe Saint-Laurent et rencontre le Courant du Golfe à la hauteur des bancs de Terreneuve,

Fig. 107.

Ces courants auxquels nous supposons sur la carte des limites bien définies, ne sont pas en réalité aussi faciles à déterminer. A part le Courant du Golfe dont les rivages liquides sont parfaitement reconnaissables, grâce à une différence marquée dans la couleur et la

Fig. 107.—Courants de l'Atlantique.

température de l'eau, les autres, surtout les courants polaires, ont des limites très vagues.

Le centre S de l'ellipse équatoriale est occupé par la *Mer des Sargasses*, qui doit son nom à la quantité énorme de plantes marines qui végètent en paix à la surface de ses eaux tranquilles.

On reconnaît dans l'Atlantique-sud une circulation analogue à celle de l'Atlantique-nord. Cependant le peu d'observations qui ont été faites dans ces parages ne permet pas de déterminer, avec autant d'exactitude la direction des courants.

Dans le Pacifique, le *Kuro-Siwo*, qui part du Japon pour aller frapper les côtes occidentales de l'Amérique du Nord, est tout à fait analogue au Courant du Golfe.

III.—*Action de la glace*

Gelée.— On sait que l'eau augmente de volume au moment où elle gèle. Cette dilatation se fait avec une force extraordinaire. On conçoit donc que l'eau qui pénètre dans les fentes des roches, l'automne, soit, en gelant, une cause très puissante de désagrégation. Assez souvent cette force brisante de l'eau détache du flanc des montagnes des quartiers de rocher très considérables. Ces pierres ne tombent qu'au printemps, lorsque le dégel fait fondre la lame de glace qui les soudait aux autres roches de la montagne. Les talus que l'on voit au bas des falaises abruptes n'ont pas d'autre origine.

Certaines pierres poreuses sont pénétrées par l'eau,

L'action brisante de la gelée les pulvérise littéralement, et lorsqu'un courant d'eau passe sur elles, elles tombent en poudre et s'en vont avec lui. Le même effet de la gelée se fait encore sentir sur les terres un peu dures, qui, d'elles-mêmes, seraient capables de résister à l'action érosive des pluies. La gelée les broie et elles sont ensuite transportées par les eaux superficielles, dans les rivières et finalement dans l'océan.

Glaciers.—Les glaciers sont de véritables fleuves de glace qui coulent sur le flanc des montagnes à neige éternelle. Sur les sommets de ces montagnes la neige s'accumule sans cesse, et comme elle ne peut fondre à cette hauteur, la masse de neige augmenterait indéfiniment, s'il n'y avait pas une cause tendant à lui faire atteindre un niveau inférieur où elle peut entrer en fusion. Cette cause existe : c'est le poids de la glace joint à sa plasticité ; c'est elle qui donne naissance aux glaciers, à l'aide desquels la neige des sommets glisse et vient fondre dans les régions inférieures.

Origine et cause des glaciers.—Nous venons d'indiquer cette origine. La neige des sommets les plus élevés, entassée souvent sur une épaisseur de plusieurs centaines de pieds, se change à sa partie inférieure en une neige compacte, plastique, appelée *névée*. Cette névée est le commencement du glacier. Par une série de fusions et de regélations successives, elle se changera bientôt en une glace compacte et transparente. Quant à la cause qui produit cette névée, c'est à peu près uniquement le poids des couches supérieures de neige. La marche des glaciers tend donc à dépouiller les sommets de leur enveloppe neigeuse, mais les nuages

y apportent constamment de nouvelles neiges qui alimentent indéfiniment le glacier. Dans les contrées où il y a peu d'humidité, les glaciers seront donc très peu développés. Dans les Montagnes Rocheuses, il ne manque pas de pics élevés qui n'ont pas de glaciers, uniquement parce que l'air qui les entoure est trop sec.

Marche.—Le courant du fleuve de glace peut s'assimiler complètement aux courants des fleuves ordinaires, sauf au point de vue de la rapidité : il est beaucoup plus lent. La vitesse d'écoulement varie d'un glacier à l'autre, elle varie aussi avec la pente du lit et avec les diverses saisons de l'année ; c'est durant l'été qu'elle est la plus considérable. Elle ne dépasse pas en moyenne 10 à 18 pouces par jour, c'est-à-dire, un mille en 18 ou 20 ans.

Comme dans les rivières, la vitesse est plus grande au centre que sur les rivages, à la surface qu'au fond. C'est ce que Agassiz, Forbes et Tyndall ont constaté directement par l'expérience. Si le glacier suit des méandres, la ligne de plus rapide déplacement est, comme dans les cours d'eau, plus sinueuse que le lit du glacier lui-même, fig. 108.

Fig. 108.

Crevasses.—La vitesse plus grande des parties centrales cause une traction sur la glace des rivages qui est retardée dans sa marche par le frottement sur les rochers ; cette traction peut être suffisante pour fendre la glace des

Fig. 108.—Direction du plus fort courant d'un glacier.

bords. Ces fentes ou crevasses se font toujours perpendiculairement à la force qui les produit, et par conséquent, obliquement par rapport aux rivages du glacier, fig. 109. Ces crevasses, une fois produites, se redressent peu à peu, en même temps que d'autres se forment, et après un certain temps, la surface du fleuve solide est sillonnée en tous sens d'un véritable réseau de crevasses qui rendent très difficile la marche sur un glacier. Les crevasses dont nous venons de parler sont dites *latérales*. Si, sur le fond du glacier, il y a une irrégularité assez notable pour affecter toute la masse de la glace, cette protubérance causera elle aussi des crevasses qui seront parallèles à son arête principale. Telle est l'origine des crevasses *longitudinales* et *transversales*. Enfin à l'extrémité inférieure du fleuve solide, le poids de la glace qui arrive sans cesse comprime les masses les plus basses, les écrasent, pour ainsi dire, et alors se forment ces crevasses *terminales* qui sillonnent en rayonnant toute la partie extrême du glacier.

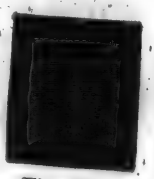


Fig. 109.

Les glaciers ne s'arrêtent pas à la limite des neiges éternelles. Ils descendent souvent de 3000 à 4000 pieds plus bas. La *Mer de Glace* se rend tout près du village de Chaumonix, et elle a sa source dans les gorges du Mont-Blanc. Sous la glace coule toujours un torrent qui apparaît à l'extrémité inférieure. Il est l'effet, en grande partie, de la fusion de la glace. Les

Fig. 109.—Crevasses latérales d'un glacier au moment où elles se produisent.

eaux en sont rarement limpides. Elles sont le plus souvent blanchâtres, grâce aux substances terreuses qu'elles transportent, substances qui proviennent des roches chatriées et broyées par la glace.

Erosion et transport par les glaciers.—Ces masses de glace ont sur les roches sur lesquelles elles passent une action érosive très puissante. Elles les usent, adoucissent et polissent leur surface ; et si elles renferment elles-mêmes des fragments de rocher qu'elles entraînent avec elles, les roches du fond sont non seulement polies, mais couvertes de rainures ou de stries, ces rainures indiquant le sens de la marche du glacier. Souvent les lits rocheux sur lesquels le flot de glace a coulé, sont arrondis en une suite de dômes qui, vus de loin, rappellent, jusqu'à un certain point, des dos de moutons, et qu'on nomme pour cela *roches moutonnées.* On trouve ces rainures et ces roches moutonnées là où il n'y a plus l'ombre de glacier. Il y a, dans le canton de Ware, le plus bel échantillon de roches moutonnées qu'on puisse voir. L'élévation de ces roches est d'à peu près 1500 pieds au-dessus du fleuve. La direction des rainures est nord et sud. Les roches striées sont des argilites rouges et noires appartenant au *silurien.* Ce fait prouve l'existence de glaciers dans cette partie du pays à une époque plus ou moins reculée.

La force érosive des glaciers est énorme, et c'est là, sans contredit, dans les continents septentrionaux, une des causes qui a contribué autrefois le plus efficacement à modifier les reliefs terrestres.

Les glaciers ont quelquefois des dimensions colossales. Au Spitzberg, un des glaciers côtiers a 11 milles

de large sur une épaisseur de 100 à 400 pieds en dehors de l'eau ; le volume qui plonge dans l'eau est beaucoup plus considérable.

Moraines. — Les matériaux, arrachés par les glaciers à leurs rivages, s'accumulent sur les bords du courant et se disposent en un cordon plus ou moins volumineux, composé de roches, de terre, etc. C'est ce qu'on appelle une moraine *latérale*. Dans le cas du confluent de deux ou de plusieurs glaciers, les moraines latérales qui viennent en contact s'unissent ensemble et forment une moraine *médiane*, fig. 110. Enfin tous ces débris, minéraux ou organiques sont entassés pêle-mêle à l'extrémité du courant et le recouvrent en partie : c'est la moraine *frontale*. Quelques-unes des masses transportées par les glaciers ont des dimensions énormes. On cite de ces pierres dont le volume équivaut à celui d'un édifice de 100 pieds de long, de 50 de large et de 40 de haut. On peut voir très souvent des moraines là où maintenant il n'y a plus de glacier ; cependant les moraines bien caractérisées sont rares dans la province de Québec.

Fig. 110.

Tout le sol arable que nous cultivons est très probablement le résultat de la trituration des roches par les glaces et les glaciers de la période géologique dite période *glaciaire*, alors qu'une immense couche de glace couvrait tout le Canada. La plupart des cailloux perdus

Fig. 110. Moraines médianes des glaciers.

des champs viennent des Laurentides et ont été transportés çà et là par les glaciers ou les banquises.

Banquises. —Quand un glacier atteint le rivage de l'océan sans se fondre, il se sépare au contact de l'eau en immenses blocs, qui flottent et se dispersent en diverses directions, ce sont les *banquises*. La fig. 111 montre comment le glacier, arrivé à l'océan, se casse en fragments plus ou moins volumineux, sous l'action de la poussée de l'eau. Les banquises transportent avec elles des millions de pieds cubes de substances terreuses, restes des moraines qui recouvraient les glaciers. Ces montagnes de glace sont poussées par les courants océaniques et elles atteignent bientôt des latitudes inférieures. Là, elles fondent, laissant tomber sur le fond de l'océan les roches qu'elles transportaient. Le Grand Banc de Terre-Neuve est placé à peu près au confluent du Courant du Golfe et du courant froid polaire, qui longe les côtes du Labrador et transporte beaucoup de banquises. Ces dernières, rencontrant à la hauteur du Grand Banc, le Courant chaud du Golfe, se fondent, et on croit que c'est à cette cause qu'est due l'existence d'un bas-fond, d'un *banc*, à cet endroit.

Fig. 111.

Résumé.—D'après ce que nous venons de voir, nous pouvons, relativement aux terrains de sédiment, dire

Fig. 111.—Banquises se formant au pied d'un glacier par la poussée de l'eau.

qu'ils sont formés des débris de roches préexistantes, sauf le calcaire. Ajoutons même que, si ce dernier a été en grande partie le résultat de l'accumulation de débris organiques, ces êtres vivants ont trouvé le calcaire de leurs carapaces dans les eaux de l'océan, lesquelles l'avait enlevé par dissolution aux roches des rivages.

Les causes qui ont amené cette destruction des roches anciennes, ont été les eaux, la glace, la gelée, les plantes, les décompositions et combinaisons chimiques. Ces débris, après avoir été remaniés par les eaux, ont formé différents lits, absolument analogues à ceux qui se déposent de nos jours.

ARTICLE QUATRIÈME

La chaleur

I. — *Distribution de la chaleur à la surface de la terre*

La chaleur est un agent si puissant qu'un simple changement dans les climats peut amener des modifications géologiques très étendues. Voilà pourquoi nous dirons un mot de la distribution actuelle de la chaleur à la surface de la terre.

Le refroidissement de l'atmosphère à la surface de notre globe, qui devrait se faire régulièrement de l'équateur aux

pôles, est loin de présenter l'uniformité qu'on pourrait attendre. L'inégale distribution des masses continentales et les courants océaniques sont les principales causes qui détruisent cette régularité. Le Courant du Golfe, à lui seul, verse tous les ans dans les mers arctiques autant de chaleur qu'une surface de 1,560,000 milles carrées, placée à l'équateur, en reçoit annuellement du soleil. Cette quantité de chaleur, changée en travail, produirait 77,479,650,000,000,000,000 pieds-livres par jour. C'est plus que ne peuvent faire tous les courants aériens qui soufflent de l'équateur vers les pôles. La chaleur transportée ainsi par ce courant, serait suffisante pour faire couler un fleuve de plomb fondu dont le débit égalerait celui du Mississipi. Les lignes isothermes sont donc très irrégulières, surtout dans l'hémisphère nord, où elles s'infléchissent vers le pôle en approchant des côtes occidentales des continents, pour revenir vers le sud sur les côtes orientales.

Variation dans les climats.—Le soleil, en réchauffant plus ou moins les différentes parties du globe, est un des principaux facteurs de la température d'un pays. Les quatre saisons n'ont pas toutes la même longueur. Actuellement la moitié de l'année qui correspond à l'été pour l'hémisphère nord est de huit jours plus longue que l'autre. Mais, grâce à la précession des équinoxes, au déplacement du grand axe de l'orbite terrestre, cette différence de longueur, maintenant en faveur de l'été de l'hémisphère nord, se trouve transportée à l'hiver tous les 10,500 ans. Les variations d'excentricité de l'orbitre terrestre causent aussi des variations dans la longueur des saisons. Il n'est donc

pas impossible que, grâce à l'accumulation de ces effets, faibles en eux-mêmes, durant une longue suite de siècles, il se soit rencontré dans l'histoire géologique du globe, certaines circonstances astronomiques, qui aient amené une distribution de la température à la surface de la terre bien différente de celle qui existe aujourd'hui.

Les changements qui pourraient arriver dans la distribution relative des continents et des mers, auraient encore une influence considérable sur les climats des différents pays. Si l'on supposait, par exemple, que le plateau qui réunit l'Islande à l'Angleterre, et qui est à une faible profondeur sous les eaux, s'élevât d'une manière sensible, ce mouvement aurait pour effet d'arrêter le Courant du Golfe dans sa marche vers les mers polaires. Celles-ci ne recevant plus de chaleur du dehors, deviendraient de plus en plus froides. La quantité de glace augmenterait à leur surface, la barrière de banquises, qui limite la mer libre au nord, se déplacerait vers le sud, et il n'est pas impossible que le climat de toute l'Europe septentrionale fût notablement refroidi.

Or, si un mouvement aussi faible que celui-là est capable de produire de tels effets, que serait-ce donc si quelques masses continentales disparaissaient à l'équateur pour émerger au pôle nord? Supposons, par exemple, un instant, que le Brésil, le nord de l'Afrique, les Monts Himalaya, disparaissent sous l'océan et que des surfaces équivalentes surgissent au pôle. Immédiatement ces continents polaires, constamment couverts de neige et de glaciers, refroidissent l'air qui les entoure. Les vents du nord deviennent glacés; les banquises qui s'échappent des glaciers couvrent l'océan;

toute la masse de l'atmosphère est refroidie ; le ciel des tropiques habituellement limpide est chargé de nuages, résultat nécessaire du refroidissement général et le soleil ne peut plus éclairer et réchauffer de ses rayons les quelques îles placées sous l'équateur.

Dans ces conditions, le climat des régions équatoriales ressemblerait à celui de notre latitude, et le géologue d'alors s'étonnerait de trouver, parmi les débris transportés par les banquises, des restes d'animaux arrachés à nos contrées, indiquant une vie très développée là où il n'y aurait plus que d'immenses champs glacés.

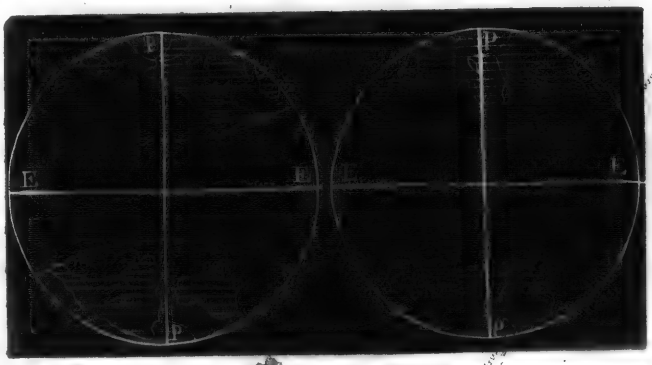


Fig. 112.

Enfin, si l'on transportait au pôle sud le reste des continents tropicaux, le climat de la terre serait tellement refroidi que Lyell doute qu'elle fût encore habitable.

Fig. 112.—Disposition des continents produisant le maximum de froid à la surface de la terre (Lyell).

Les changements se feraient en sens inverses, si les oscillations de la surface terrestre avaient pour effet de faire surgir des continents à l'équateur et de placer aux pôles des mers libres d'une grande étendue.

De tout cela nous concluons qu'il est facile de se figurer que, dans le cours des époques géologiques, les oscillations superficielles aient fort bien pu déterminer des périodes froides ou chaudes, sans qu'il faille pour les expliquer, recourir à des causes extraordinaires.

La figure 112, que nous empruntons à Lyell, nous ait voir la disposition des continents qui amènerait un

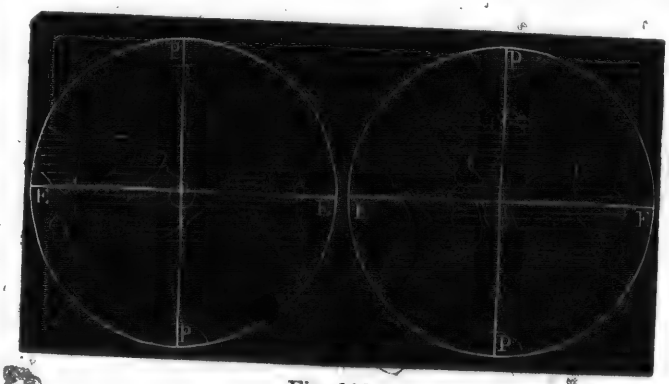


Fig. 113.

maximum de froid, et la figure 113, celle qui causerait un maximum de chaleur.

Pour finir l'énumération des causes capables de produire des variations dans les climats terrestres, mentionnons les périodes de minimum et de maximum

Fig. 113.—Disposition des continents produisant le maximum de chaleur (Lyell).

dans les taches du soleil, un changement possible dans l'état de la surface de cet astre ou une modification dans la composition de l'atmosphère terrestre. D'après les recherches des physiciens, la présence d'un excès, même relativement faible, de vapeur d'eau et d'acide carbonique dans l'air, aurait pour effet de modifier considérablement sa diathermanéité pour la chaleur obscure et par suite sa température.

II.—*Chaleur interne du globe*

Son existence.—Quelle que soit la température à la surface du globe, il est certain qu'elle s'élève lorsqu'on s'enfonce vers le centre. L'existence d'une température très élevée dans les parties intérieures de la terre est prouvée par plusieurs faits incontestables.

En premier lieu notre planète est aplatie aux pôles, précisément comme l'aurait été un globe primitivement fondu, ayant même densité que notre terre et tournant autour de l'axe des pôles avec la même vitesse.

Les puits artésiens donnent une eau d'autant plus chaude qu'ils jaillissent de couches plus profondes. Dans les mines, on constate encore une élévation de température proportionnelle à la profondeur. On croit qu'en moyenne la température s'élève de 1° C. par 100 pieds. Cette proportion varie nécessairement avec la conductibilité des roches que l'on traverse.

Les couches les plus anciennes, celles qui ont été par conséquent enfouies à une grande profondeur grâce aux dépôts plus récents, sont toutes cristallisées, phénomène qui est encore une conséquence de la chaleur à laquelle elles ont été soumises.

Les sources thermales prouvent encore qu'il existe sous la croûte superficielle, des couches plus chaudes qui chauffent les eaux de ces profondeurs à de hautes températures, quelquefois au delà de 100° C.

Enfin les volcans sont sans contredit des preuves évidentes de l'existence de masses en ignition dans l'intérieur du globe.

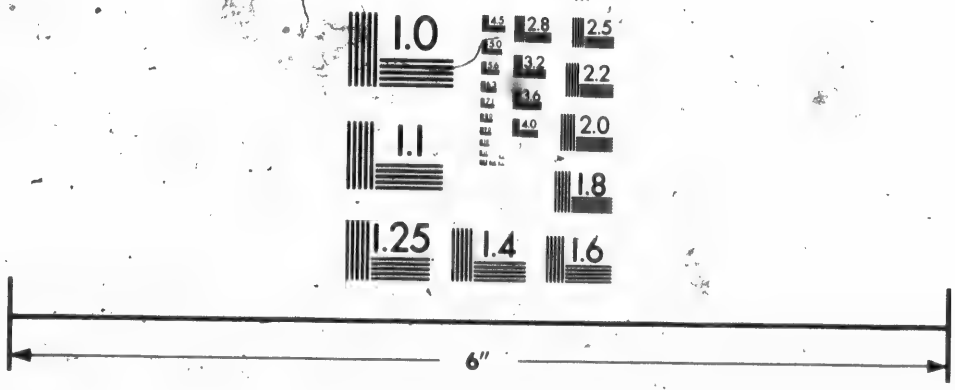
ETAT PROBABLE DE L'INTÉRIEUR DU GLOBE.—Dire si l'intérieur de notre globe est ou n'est pas liquide est un problème très compliqué, très difficile ; la géologie, dit le Conte, n'est pas encore en mesure de le résoudre d'une manière complète.

Deux théories sont ici en présence. L'une suppose l'intérieur liquide, l'autre le croit solide. Nous donnerons le pour et le contre de chacune de ces théories.

La première s'appuie surtout sur le fait de l'augmentation de la température avec la profondeur. Alors, en suivant cette progression croissante de 1° C. par 100 pieds, on trouve à 25 ou 30 milles une température capable de fondre toutes les substances connues. Il faut donc conclure que notre globe est une masse de lave, enveloppée par une croûte mince, très mince, épaisse tout au plus d'une vingtaine de lieues. Les volcans, les tremblements de terre ne sont que les effets des commotions de cette masse ignée. L'écorce de notre globe s'agite sous la pression intérieure comme les parois d'une bouilloire frémissent sous la pression interne de la vapeur : elle cède et se brise, si la pression devient trop grande.

Voilà la première théorie, avec ses preuves et ses corollaires. La réfuter sera établir l'opinion d'un contre

IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)



Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503

2.8
2.5
3.2
2.2
3.6
2.0
4.0
1.8
5.6
1.1
6.3
1.0

solide. Voici donc quelques-unes des objections qu'on peut lui opposer :

Cette élévation de température de 1° C. par 100 pieds est loin d'être régulière ; d'ailleurs les forages les plus profonds ne dépassent pas quelques milles, or le rayon terrestre est d'à peu près 3,960 milles ; comment donc affirmer que cette progression croissante de la chaleur ne varie aucunement de l'extérieur au centre ?

D'ailleurs, la terre est plus dense au centre qu'à la surface, or cette augmentation de densité a pour effet d'accroître la conductibilité et par suite de diminuer la rapidité d'élévation de température. Alors à mesure qu'on gagne l'intérieur, la température doit *s'élever* de moins en moins pour un même espace parcouru.

La température de fusion de la plupart des roches est élevée par la pression. On conçoit donc que les assises de l'intérieur, bien que chauffées à une haute température, puissent rester solides à cause de la pression qu'elles supportent.

Fig. 114.

Les volcans, qu'on amène comme preuve de l'existence d'un centre liquide, prouvent plutôt le contraire. En effet, s'ils communiquaient avec une même mer de feu, ils devraient être tous en activité en même temps.

Fig. 114.—Profil du Mauna-Loa L et du Kilaua K.

Les moins élevés devraient déborder quand les plus hauts lancent des laves par leurs cratères. Or, dans les îles Sandwich, une même montagne, fig. 114, renferme deux volcans, élevés, l'un de 4000 pieds, l'autre de 14,000, et qui sont parfaitement indépendants l'un de l'autre. Il arrive souvent que le Mauna-Loa, le plus élevé, lance des laves, pendant que le Kilaua, le plus bas, reste parfaitement tranquille.

Enfin, on pourrait ajouter qu'en supposant un globe primitivement liquide, les solides, formés d'abord à la surface et plus denses que le liquide sousjacent, ont dû se rendre au centre et s'y accumuler, de sorte que la solidification a *commencé* en réalité *par le centre.*

De l'ensemble de ces considérations, on peut conclure qu'il est encore impossible d'affirmer quoi que ce soit de positif relativement à l'état physique du centre de notre globe. Se prononcer carrément en un sens ou en l'autre est sortir du domaine de la science pour entrer dans le champ des hypothèses.

Parmi ces dernières, celle qui, tout en admettant que le noyau central est très chaud, affirmerait cependant qu'il est solide, nous paraît la moins hasardée. Pour expliquer les phénomènes volcaniques, les tremblements de terre, les oscillations, les plissements de la croûte terrestre, il suffit de supposer l'existence d'une zône semifluide, placée entre ce centre compact et l'écorce extérieure.

III. — *Volcans*

LEUR STRUCTURE, LES PRODUITS QU'ILS REJETTENT. — Les volcans sont des montagnes dont le sommet est

occupé par une immense ouverture en forme d'entonnoir, par laquelle s'échappent diverses matières gazeuses, liquides ou solides. L'activité des volcans est quelquefois continue, comme le Stromboli, mais le plus souvent il y a des périodes d'éruption, séparées par des époques de calme relatif. Cependant un volcan, même dans ces époques de calme, émet toujours des gaz et des vapeurs, tant qu'il n'est pas complètement éteint.

La dimension du cratère est quelquefois très grande. Le cratère du Mauna-Loa a 2½ milles de large, et celui du Kilaua 3 milles. Ce dernier est un immense lac de lave fondue, dont la surface est de plusieurs centaines de pieds plus basses que les bords du cratère.

La pente des cônes volcaniques varie suivant que le volcan rejette des matières fluides ou des matières solides. Comme la montagne est presque toujours le résultat des accumulations de ces débris, une lave fluide, coulant même sur une pente douce, ne peut produire

Fig. 115.

qu'une montagne à flancs très peu inclinés, tel est le Kilaua, fig. 114. Au contraire un cône de scorie ou de cendres sera beaucoup plus raide, tel est le Cotopaxi.

L'origine des volcans peut être déterminée par l'étude

Fig. 115.—Cône de scories.

de leur structure. Le plus souvent toute la montagne volcanique est uniquement composée d'une suite de lits plus ou moins réguliers, résultat de l'accumulation des matières liquides ou solides rejetées par les volcans, fig. 115. Ce sont des cônes de scories.

Quant aux éjections volcaniques, elles sont gazeuzes, liquides et solides. Les gaz sont surtout de la vapeur d'eau en immense quantité, des gaz sulfureux, soit vapeur de soufre, soit acide sulfureux, de l'acide chlorhydrique, de l'acide carbonique, etc. La vapeur d'eau prédomine d'une manière très marquée. Il est à remarquer que ces gaz sont ceux-là mêmes qui se formeraient par la réaction des eaux de la mer sur le calcaire impur chauffé à une haute température. La fumée et les flammes qu'on dit se produire durant les éruptions, ne sont que des reflets sur la vapeur d'eau et les cendres volcaniques en suspension dans l'atmosphère de la lave fondue qui remplit le cratère. Il n'y a pas en général de flammes proprement dites dans les éruptions volcaniques.

Les matières liquides sont surtout les *laves*, substances minérales fondues, qui s'échappent par les cratères volcaniques. Cette lave peut avoir deux états physiques différents. Elle peut être pâteuse, emprisonnant de nombreuses bulles de vapeur d'eau et autres gaz, ce qui la rend poreuse et cellulaire une fois qu'elle est refroidie. Telle est la lave du Vésuve. Elle est aussi quelquefois très fluide, absolument comme du verre fondu, comme la lave du Kilaua.

Considérée au point de vue de la composition chimique, la lave est essentiellement une pâte de Feldspath

et d'Augite. Suivant que le premier ou le second de ces minéraux prédomine, la lave est acide ou basique. Les Trachytes, les Obsidiennes sont des exemples de laves acides ; les Basaltes, les Dolérites, des exemples de laves basiques.

Outre ces matières liquides et gazeuses, les volcans rejettent encore beaucoup de corps solides. Cela se voit surtout dans les volcans à lave pâteuse, dont la lave ne sort que péniblement à la suite d'explosions qui ont pour effet de lancer en dehors du cratère des quartiers de roche, des fragments de matière à demi fondue, et surtout une poussière minérale assez ténue, arrachée aux parois de la cheminée volcanique et désignée généralement sous le nom de *cendre volcanique*. Pompéi a été ensevelie sous une couche épaisse de cette cendre, lors de l'éruption du Vésuve, en l'an 79 de notre ère. A la même éruption, Herculanum disparaissait sous une couche de scories. Cette éruption est encore restée célèbre parce qu'elle coûta la vie à Pline l'ancien, qui, s'étant approché trop près de la montagne, fut étouffé par les vapeurs sulfureuses qui s'échappaient à flot du cratère.

Souvent la vapeur d'eau qui sort du cratère en volume énorme pendant l'éruption, se condense et tombe en pluie torrentielle sur les flancs de la montagne. Cette pluie délaye les cendres volcaniques, et la bouillie grise qui en résulte forme en se desséchant, une pierre poreuse qu'on appelle *tuf volcanique*.

Les éruptions des volcans à lave pâteuse, comme le Vésuve, s'annoncent longtemps d'avance, et sont souvent accompagnées de tremblements de terre. Celle des

volcans à lave liquide le sont rarement. Ce sont des éruptions qu'on pourrait appeler *silencieuses*. Au Kilaua, il est arrivé plus d'une fois qu'on a été averti d'une éruption en voyant flamber les forêts du sommet de la montagne, incendiées par le passage du courant de lave. Dans les volcans très élevés, il est assez rare que la lave sorte par le sommet. Elle remplit peu à peu la cheminée volcanique. Une fois qu'elle a atteint un certain niveau, la pression hydrostatique exercée sur les parois de la cheminée est tellement forte que très souvent la montagne éclate, et le cratère se vide par une ouverture latérale. En 1852, un jet latéral se produisit ainsi sur le Kilaua. Il avait plus de mille pieds de large, et s'élevait à 200 ou 300 pieds de hauteur. Il dura trois jours. Ces ouvertures latérales constituent comme de petits volcans parasites sur les flancs de la montagne; on les désigne sous le nom de *cônes adventifs*.

Théorie des volcans.—On ne peut rien affirmer d'absolument certain relativement à l'origine des volcans. Quelques géologues les regardent comme des évents par lesquels s'échappe le trop-plein du centre liquide de la terre. Malheureusement, les volcans ne sont pas tous en activité en même temps. Or ils devraient l'être s'ils communiquaient tous avec une même masse liquide. Il faut donc chercher ailleurs une explication plus satisfaisante.

Il est certain que l'eau joue un grand rôle dans les éruptions. Des masses énormes de vapeur d'eau sortent des cratères en activité; ceux-ci sont tous placés dans le voisinage des océans; les laves sont souvent impré-

guées de chlorure de sodium ; on a trouvé des débris de poissons dans les éruptions vaseuses de Java ; enfin les acides gazeux que les volcans exhalent semblent être le résultat de la décomposition des différents sels de la mer. Tous ces faits donnent à penser que l'eau pourrait bien être le facteur principal des phénomènes volcaniques.

On admet encore que la vapeur d'eau est la grande force qui fait monter la lave dans la cheminée volcanique. L'eau s'infiltrerait à travers les lits géologiques, atteindrait à la longue les laves qui se trouvent à la racine des volcans ; au contact de ces masses rouges de feu, elle se vaporiserait, et la tension énorme de la vapeur entraînerait mécaniquement par l'orifice de sortie les substances fondues de l'intérieur. L'intermittence des éruptions serait causée par l'infiltration irrégulière de l'eau.

De plus, cette eau ainsi surchauffée produirait, soit par son action minéralisatrice, soit par dissolution, des combinaisons et des décompositions chimiques sur une vaste échelle. De là résulterait une nouvelle somme de chaleur, de nouveaux dégagements gazeux dont la tension s'ajouterait encore à celle de la vapeur d'eau. Plusieurs géologues vont jusqu'à admettre que cette double action physique et chimique de l'eau est suffisante pour expliquer tous les phénomènes volcaniques.

Dans cette dernière hypothèse les volcans s'éteindraient lorsque les affinités chimiques, éveillées par l'action de l'eau, auraient été satisfaites. Par conséquent, les volcans actifs devraient se trouver dans les terrains récents et les volcans éteints dans les forma-

tions anciennes. C'est aussi ce que l'observation constate.

En voilà assez pour faire comprendre que cette question de l'origine de l'action volcanique est bien loin d'être connue. On en est encore réduit à faire des hypothèses. Cependant il paraît assez clair que la force éruptive des volcans est la tension des gaz intérieurs, surtout celle de la vapeur d'eau. Quant à l'origine de la chaleur volcanique, elle peut être multiple. On doit y voir surtout un reste de la chaleur primitive du globe emprisonnée dans les couches profondes. Ajoutons comme complément qu'elle peut encore résulter, en partie du moins, des actions mécaniques, causées par le refroidissement du globe et la contraction générale qui en résulte. On admet généralement que le centre du globe se contracte plus vite que l'extérieur, il en résulte dans la croûte terrestre une tension très forte qui se manifeste par des pressions horizontales presque irrésistibles. D'après Mallet, l'écrasement des roches sous l'effet de ces pressions, développerait assez de chaleur pour expliquer les éruptions volcaniques. Cette opinion est évidemment très exagérée.

Eruptions ignées non volcaniques.—On doit rapporter aux laves volcaniques, ces masses, souvent considérables, rejetées sans éruption violente à travers les fissures du globe terrestre. Tels sont les dykes, et les nappes trappéennes ou basaltiques, qui se trouvent en différents endroits du Nord-Ouest canadien et américain.

IV.—*Phénomènes volcaniques secondaires*.

SOLFATARES, FUMEROLLES.—Dans le voisinage des volcans, et quelquefois là où il n'y a pas de volcans, le sol laisse échapper des jets de vapeur d'eau et de soufre, ainsi que quelques autres gaz. Ces endroits sont appelés *solfatares*. Le soufre se dépose en cristaux auteur des ouvertures par où sort la vapeur et qu'on appelle *fumerolles*. L'alun, le plâtre se forment souvent dans les solfatares.

SOURCES THERMALES, GEYSERS.—Les sources thermales se rencontrent fréquemment. Leur température est loin d'être toujours la même. Les plus remarquables sont les sources jaillissantes appelées *Geysers*. Ces geysers ont des périodes de calme et d'éruption, se succédant souvent à des intervalles très réguliers. On prenait autrefois comme type de ces sources jaillissantes le *Grand Geyser* d'Islande, mais les plus beaux geysers du monde se trouvent dans le *National Park*, vallée de la rivière Yellowstone, Wyoming.

Parmi ces geysers américains, les plus remarquables sont les suivants : le " Géant ", qui lance une colonne d'eau de 6 pieds de diamètre à une hauteur de 200 pieds, l'éruption dure vingt minutes ; la " Ruche ", dont le cratère a la forme d'une ruche d'abeille, qui lance une colonne d'eau de 3 pieds de diamètre à 219 pieds de hauteur ; la " Géante ", colonne d'eau de 20 pieds de diamètre lancée à 60 pieds de hauteur. De cette masse liquide s'échappent cinq ou six jets qui montent à 250 pieds.

Théorie des geysers.—Les conduits des geysers sont des tubes assez étroits où la circulation de l'eau doit se faire difficilement, fig. 116. Il est donc possible que l'eau des parties inférieures soit plus chaude que celle qui avoisine la surface. La température des couches inférieures de l'eau augmente peu à peu, et elle atteint bientôt le point d'ébullition. Du moment que l'ébullition commence, l'eau située à la surface est jetée en dehors du cratère du geyser. La pression dans le tube du geyser devenant plus faible, l'ébullition est de plus en plus violente, bientôt toute la masse d'eau et de vapeur est projetée au dehors. Après cette éruption, tout rentre en repos; le tube se remplit lentement par les eaux d'infiltration ou à l'aide des sources souterraines, et, après un temps plus ou moins long, une autre éruption vide encore une fois le tube, et ainsi de suite.

Fig. 116.

Les eaux de ces geysers renferment souvent beaucoup de silice ou de carbonate de chaux en dissolution. Ces minéraux se déposent autour des ouvertures et forment des incrustations de la plus grande beauté.

V.—*Métamorphisme*

Sa nature et ses effets.—Le mot *métamorphisme* veut dire changement. Appliqué aux lits géologiques,

Fig. 117.—Coupe d'un geyser (Leconte).

il désigne un durcissement très prononcé ou un changement dans la composition chimique. C'est ainsi qu'une ardoise argileuse sera changée en micaschiste ou en gneiss, un grès argileux en gneiss ou en granite, le calcaire amorphe en marbre, les grès ordinaires en quartzite. Assez souvent le métamorphisme d'une roche est accompagné d'un changement de couleur. Il y a aussi expulsion presque complète de l'eau, des bitumes, destruction des fossiles, etc. Quelquefois de nouveaux minéraux cristallisés prennent naissance durant le métamorphisme; ainsi, un calcaire renfermant de l'argile, des sables, des phosphates et fluorures, donnera un marbre riche en Mica, Feldspath et Pyroxène. La plupart des pierres précieuses, Topaze, Saphir, Emeraude, sont des produits métamorphiques.

Théorie de métamorphisme.—Trois agents ont concouru à produire le métamorphisme, la chaleur, l'eau et la pression. La chaleur a été nécessaire, car autrement on ne se rendrait pas compte des cristallisations qui caractérisent cet état non plus que du durcissement des lits et de leur déshydratation. Cependant cette chaleur n'a pas été suffisante pour faire subir aux roches la fusion ignée. En effet, l'apparence des roches métamorphiques est bien différente de celle des laves ou des autres roches éruptives, comme nous l'avons vu plus haut.

Par l'examen des enclaves liquides que renferme le quartz de certains granites et gneiss, M. Renard concluait, d'une manière extrêmement ingénieuse, que la température qui a produit le métamorphisme de ces roches n'a pas dépassé 400° C. Il est probable que,

grâce à l'action simultanée de la chaleur et de l'eau, surtout de l'eau alcaline, la température du métamorphisme est restée bien inférieure à cette limite.

L'eau pure en effet, d'après les expériences de Daubrée et Sénarmont, chauffée à 400° C, ramollit toutes les roches ordinaires et favorise singulièrement la production de divers minéraux, Mica, Quartz, Feldspath, Augite. L'eau alcaline donne les mêmes résultats à une température qui ne dépasse pas 150° C.

La pression a été nécessaire dans certains cas, *v. g.*, dans la métamorphisme du calcaire. Ce dernier, en effet, chauffé à l'air libre, se change, non pas en marbre, mais en chaux. De même l'eau, à l'air libre, ne pourrait jamais dépasser 100° C, et serait incapable d'avoir l'action minéralisatrice qui lui est attribuée.

La chaleur nécessaire pour la production du métamorphisme a pu avoir plusieurs causes. En premier lieu, l'accumulation de 30,000 ou 40,000 pieds de sédiments a exposé les couches inférieures, encore pénétrées d'humidité à une température plus que suffisante pour produire le métamorphisme. Plus tard, grâce à divers plissements, l'érosion a emporté les couches superficielles, et laissé à nu les couches inférieures métamorphisées.

On remarque encore que le métamorphisme est surtout prononcé dans les roches qui ont été beaucoup bouleversées par des plissements et des failles. Ces bouleversements, ayant eu pour effet d'exposer les lits aux températures élevées de l'intérieur du globe, en ont produit le métamorphisme. Il est de plus très probable que les écrasements qui ont nécessairement accom-

pagné ces mouvements de la croûte terrestre, ont été suivis du dégagement de beaucoup de chaleur, se développant dans les lits eux-mêmes par la transformation de l'énergie mécanique.

Cette théorie explique pourquoi le métamorphisme a une relation constante avec l'épaisseur des formations; pourquoi les roches les plus anciennes, ayant été couvertes de dépôts très épais, sont toutes métamorphiques; pourquoi certains lits métamorphisés sont intercalés entre d'autres qui ne le sont pas, ces derniers étant moins affectés par les eaux surchauffées; enfin pourquoi les plissements et les cassures de la croûte terrestre, sont souvenat ccompagnés de métamorphisme.

ARTICLE CINQUIÈME

Contraction du globe terrestre

Ses effets.—L'opinion générale des géologues veut que la terre ait été primitivement un globe fondu qui s'est solidifié peu à peu. Or, ce globe une fois solidifié, l'extérieur s'est refroidi plus vite que l'intérieur, à cause du rayonnement. La croûte extérieure, relativement froide, repose ainsi sur des parties très chaudes, qui, grâce à leur refroidissement, diminuent de volume. Cette contraction produit nécessairement, dans l'enveloppe terrestre, des pressions latérales extrêmement fortes, qui modifient profondément la disposition origi-

nelle des roches qui la composent. Voici les principaux effets de cette contraction du globe terrestre : *soulèvements et affaissements, plissements, failles, joints, tremblements de terre, métamorphisme, formation de chaînes de montagnes, changements dans les climats par suite des soulèvements et affaissements*, etc. De tous ces effets, nous n'étudierons que les tremblements de terre et les phénomènes qui ont rapport à l'origine des chaînes de montagnes.

I.—*Tremblements de terre*

Leur nature et leurs effets.—Les tremblements de terre sont des vibrations du sol, dont la cause est à l'intérieur du globe, et qui se font sentir sur de vastes étendues. On distingue, parmi ces vibrations, les secousses simples, qui ne sont pas accompagnées de déplacements ; les secousses suivies de déplacements, et les vibrations rapides qui causent le bruit.

Ces phénomènes sont sans contredit les plus effrayants que présente la nature, et, s'ils ne contribuent pas toujours à modifier considérablement les lits géologiques sur lesquels leur action se fait sentir, ils causent très souvent de véritables désastres, détruisant en un clin-d'œil des villes entières, ruinant de fond en comble des pays riches et prospères.

Parmi leurs effets géologiques,—les seuls que nous considérerons ici,—nous devons citer les soulèvements ou affaissements qui se produisent sur une grande étendue de pays. En 1822, toute la côte ouest de l'Amérique du sud s'élevait de 2 à 7 pieds. En 1835,

la même côte s'élevait de 2 à 10 pieds. En 1819, après un fort tremblement de terre, une surface de 2000 milles carrés, placée à l'embouchure de l'Indus, s'enfonçait sous les eaux. Après le grand tremblement de de terre de la Calabre, en 1733, le sol fut en certains endroits criblé de crevasses ; il se produisit des grouffres de 200 à 300 pieds de profondeur ; de vastes fissures s'ouvrirent dont un des côtés s'enfonça plus ou moins ; c'était de véritables failles.

Cause des tremblements de terre. — Il serait imprudent d'attribuer ces terribles phénomènes à une seule cause. Il y a une relation évidente entre quelques tremblements de terre et les éruptions volcaniques ; les éruptions des volcans à lave pâteuse surtout, sont toujours accompagnées de tremblements de terre ; cependant on peut dire, sans crainte de se tromper, que plusieurs de ces phénomènes n'ont aucune relation avec les volcans. On a constaté, ces années dernières, qu'il y avait en moyenne 575 tremblements de terre par année. Or, si l'on remarque que plusieurs ont échappé aux observations, vu qu'ils se sont produits sous l'océan ou dans des pays sauvages, on peut dire que la terre vibre toujours dans quelque portion de sa surface.

On sait encore que, grâce à la contraction de l'intérieur, cette surface s'enfonce en un endroit pour s'élever ailleurs. Or ces mouvements devraient être continus. Mais si la croûte est capable de résister un certain temps à cette force, elle le fera, jusqu'à ce qu'elle cède tout à coup, en se brisant ou en se broyant sur une grande étendue à la fois. Si nous ajoutons encore que ces cassures peuvent se faire dans des lits ayant des

milliers de pieds d'épaisseur, nous aurons là une cause capable d'expliquer les phénomènes des tremblements de terre. Il n'est pas impossible non plus que deux couches voisines se refroidissant et se contractant inégalement, glissent de temps en temps l'une sur l'autre, ou encore se rompent en plusieurs endroits, causant chaque fois des secousses du sol, c'est-à-dire, des tremblements de terre.

De plus, l'étude sérieuse que l'on a faite depuis de longues années des tremblements de terre, a établi hors de tout doute que, dans tous les cas, l'origine de ces vibrations séismiques était à une faible distance de la surface, à quelques milles à peine. Il résulte de là que ces phénomènes n'intéressent que la partie superficielle de la croûte terrestre et qu'ils n'ont absolument aucune relation avec le noyau central liquide, si ce dernier existe.

II.—*Origine probable des différents types de chaînes de montagnes*

ORIGINE DES RELIEFS CONTINENTAUX.—Par suite de la différence de composition des couches qui forment la surface de la terre, celle-ci doit se refroidir et se contracter inégalement suivant diverses directions. De cette manière certains rayons terrestres deviendront plus courts que d'autres, la forme du globe sera légèremens altérée, et les eaux se réuniront dans ces dépressions superficielles. Telle est l'origine probable des continents qui, d'ailleurs, se sont tous dessinés dès le

commencement, bien qu'il n'aient pas alors émergé complètement hors des eaux.

Cause générale des chaînes de montagnes.—Les chaînes de montagnes ont une autre origine. La cause générale qui les a formées est une pression latérale dans la croûte terrestre, pression résultant de la contraction de l'intérieur. Or cette tension étant universelle, la pression de la croûte sous-océanique devait s'exercer obliquement et en montant, sur les bords de la croûte continentale plus élevée, de manière à modifier, à plier, surtout les lits placés dans le voisinage des dépressions océaniques. Cette pression devait encore être, jusqu'à un certain point, en proportion avec la grandeur de la croûte sous-océanique voisine. On peut conclure de là que les chaînes de montagnes devront se trouver surtout sur les bords des océans et avoir des dimensions en rapport avec la grandeur de ceux-ci. C'est ce que l'on constate d'ailleurs par l'observation directe.

Fig. 117.

Modifications des reliefs des montagnes par l'érosion.—Les plissements dus à la cause que nous venons

Fig. 117.—Modification des plissements montagneux par l'érosion (Le Conte).

d'étudier, ont nécessairement des formes, des dimen-

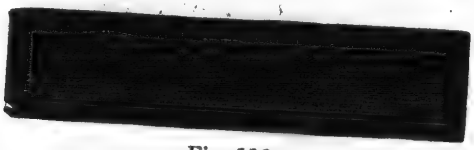


Fig. 118.

sions fort variées. Mais la variété dans les reliefs d'une chaîne, a été encore augmentée par l'érosion qui a modifié considérablement la forme des plissements, attaquant les anticlinales plus friables que les synclinales, et laissant ces dernières faire saillie à la surface générale, fig. 117. Cette érosion a quelquefois causé à elle seule de véritables montagnes, *v. g.*, dans les endroits à lits

Fig. 119.

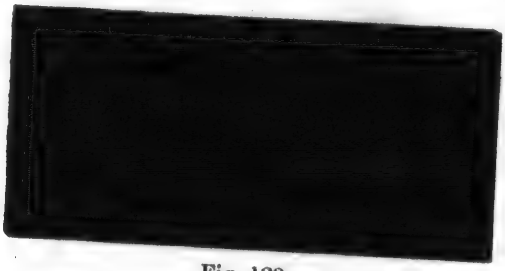


Fig. 120.

Fig. 118.—Création de montagnes par l'érosion seule.
Fig. 119, 120, 121.—Sections des principaux types de chaînes de montagnes.

horizontaux ou à peu près, fig. 118. Nous donnons ici quelques sections des principaux types de chaînes de montagnes. Il sera facile d'y voir le rôle joué par les ondulations des lits géologiques et l'érosion, fig. 119, 120 et 121.

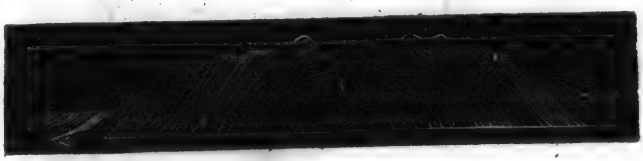


Fig. 121.

Remarquons que nous ne supposons pas que les plissements aient été complètement finis lorsque l'érosion a commencé à les détruire. Au contraire, du moment qu'un commencement de courbure a soulevé légèrement les lits géologiques, les agents atmosphériques les ont attaqués immédiatement et l'érosion s'est continuée à mesure que les lits se pliaient de plus en plus.

Structure des chaînes de montagnes.—Pour terminer nous dirons qu'une chaîne de montagnes est en réalité, un immense plateau recouvert et limité par des ondulations plus ou moins prononcées. Ces ondulations ont généralement leurs arêtes orientées dans le même sens que la montagne. Quelquefois aussi des arêtes secondaires forment comme un réseau inextricable, où il est à peu près impossible de distinguer les grandes ondulations les unes des autres. Les Appalaches sont un bon exemple du premier type de chaînes de monta-

gnes ; les Alpes et jusqu'à un certain point les Laurentides appartiennent au second.

La pente moyenne des montagnes est toujours très douce. Pour n'en citer qu'un seul exemple, la pente moyenne du versant oriental des Montagnes Rocheuses ne dépasse pas généralement 20 pieds par mille, ce qui correspond à un angle de 12 minutes. Cette pente se continue sur une longueur de 600 milles du côté de l'est, et de 400 à 500 milles à l'ouest. Les Montagnes Rocheuses qui atteignent un hauteur de 14,000 pieds, ne sont donc pas, comme on se l'imagine quelquefois, une barrière *étroite* qui sépare l'Amérique orientale de l'Amérique occidentale, mais plutôt un léger gonflement de la surface, à peine sensible si on le compare au reste du continent américain.

Oscillations actuelles de la croûte terrestre.—Les mouvements de soulèvement et d'affaissement, qui se sont produits autrefois, se continuent encore de nos jours, mais avec une très grande lenteur. On a constaté, par l'observation directe, que les rivages de la Suède et de la Finlande s'élèvent peu à peu au-dessus des eaux, avec une vitesse de 3 ou 4 pieds par siècle. A Pouzzoles, se voient encore les ruines d'un temple de Sérapis, bâti sur le bord de la Méditerranée. Ces ruines consistent principalement en un certain nombre de colonnes, debout sur leurs bases, mais privées de leur couronnement. Or il est certain que ce temple, depuis sa construction, a été enseveli en partie sous les eaux. En effet ses colonnes ont été attaquées par des mollusques marins sur une longueur de plusieurs pieds. Un mouvement ascensionel s'est ensuite produit, qui a

donné aux ruines la position qu'elles ont maintenant. Ce double mouvement a été tellement doux que les colonnes sont restées droites sur leurs bases et ont parfaitement gardé leur position d'équilibre.

Les côtes du Groënland s'abaissent. Les pêcheurs moraves ont dû transporter leurs cabanes plus loin dans les terres ; des villages ont été complètement envahis et recouverts par les eaux. Le Dr Bell, dans son exploration de la baie d'Hudson, a constaté que les rivages de cette mer intérieure s'élèvent lentement au-dessus des eaux. Déjà le P. Petitot, à qui nous devons tant d'observations intéressantes sur l'Amérique arctique, avait remarqué des preuves évidentes du mouvement général qui élève peu à peu la surface de toute cette partie de notre continent. D'un autre côté, l'existence de troncs d'arbres profondément ensevelis sous les alluvions, le long des rivages orientaux des États-Unis, peut être regardée comme une preuve que cette partie du continent s'enfonce lentement sous les eaux.

Tous ces faits montrent que la terre est loin d'être un globe absolument rigide. Elle cède aux forces internes qui tendent à modifier sa surface ; et rien de surprenant si l'on trouve qu'à différentes époques de leur formation, les continents n'avaient pas la forme qu'ils ont maintenant.

La lenteur de ces oscillations nous fait encore comprendre que les forces en jeu, tout en étant pour ainsi dire infinies en puissances, agissent avec une très grande lenteur. Les lits en général ont été pliés et non pas broyés, comme ils l'auraient été si ces forces eussent agi brusquement.

CHAPITRE QUATRIÈME

GÉOLOGIE HISTORIQUE

La Géologie historique trace l'histoire de la formation de la croûte terrestre. Elle nous fait connaître l'ordre chronologique des lits qui la composent, les changemente qui ont eu lieu à diverses époques dans la forme des continents, des mers et dans les climats. Elle étudie aussi les différents êtres vivants qui se sont succédés à la surface de la terre. Toutefois cette dernière partie est particulièrement du ressort de la *Paléontologie*. Aussi en fait de fossiles, nous ne parlerons que des groupes généraux qui servent à caractériser un âge géologique, sans faire l'examen en détails de la faune ou de la flore des différents âges.

L'histoire générale de la formation de toutes les couches géologiques se partage en un certain nombre d'époques, qui se distinguent les unes des autres par une discordance très marquée dans la stratification, et surtout par un changement profond dans les espèces vivantes. On dirait qu'à certaines époques les animaux et végétaux ont été complètement détruits, pour être remplacés plus tard par des espèces tout à fait différentes. On ne connaît pas la cause de ces change-

ments ; on ne sait pas non plus s'ils ont été aussi brusques, aussi complets, qu'on pourrait le croire à première vue. Toutefois, il est impossible de nier leur existence ; et ils constituent des divisions très naturelles dans l'ensemble de l'histoire géologique.

Ces divisions sont au nombre de cinq :

I. Epoque *éozoïque*, à laquelle on donne encore le nom d'*azoïque* ou *archéenne*.

II. Epoque *paléozoïque* ou *primaire*.

III. Epoque *mésozoïque* ou *secondaire*.

IV. Epoque *cénozoïque* ou *tertiaire*.

V. Epoque *psychozoïque* ou *quaternaire*.

Les êtres vivants de l'époque éozoïque sont on ne peut plus rudimentaires. Ce n'est le plus souvent qu'une espèce de gelée organisée, vivant et se développant à la surface des rochers, sous les eaux. C'est l'*aurore* de la vie. Durant l'époque paléozoïque, la vie revêt des formes plus parfaites et plus complexes. On y voit des mollusques, des crustacés, même des insectes. Cependant toutes les espèces de cette époque ont des formes qu'on est tenté de regarder comme très anciennes, vu que ces espèces n'existent plus depuis longtemps. C'était l'époque de la *vie ancienne*. Avec l'époque mésozoïque les formes animales et végétales se rapprochent des nôtres. Ce n'est pas tout à fait le *facies* moderne, mais il y a progrès sur la vie paléozoïque. C'est une vie *mitoyenne* entre les antiquités paléozoïques et notre époque. Enfin les formes vivantes du cénozoïque sont à peu près les nôtres surtout celles de la fin de l'époque. La vie se modernise, c'est vraiment l'époque de la vie *récente*.

L'époque *quaternaire* est l'âge de l'homme, qui a été créé après que le globe terrestre eût été complètement préparé par la Providence pour être la demeure du chef-d'œuvre de la création. Car c'est bien pour lui que tout a été fait. Cette merveilleuse évolution du globe terrestre devait avoir un but. Et quel aurait été ce but, si ce n'est d'assurer le bonheur de l'être qui occupe, pour ainsi dire, le faîte de toute la création matérielle, et qui, comme le dit très bien de Quatrefages, constitue à lui seul, dans une *seule* espèce, un *seul* genre, une *seule* famille, un règne tout entier, le *règne humain*.

Ces époques que nous venons d'énumérer se divisent et se subdivisent en une foule de groupes secondaires, parmi lesquels nous étudierons surtout ceux qui se trouvent dans notre province. C'est dire que nous donnerons une attention spéciale aux deux époques paléozoïque et quaternaire, qui comprennent tous les terrains de Québec.

Quant aux noms donnés aux différents étages géologiques, ce sont le plus souvent ceux des localités où ils sont le plus développés, ou dans lesquelles ils ont été plus particulièrement étudiés.

Le tableau suivant comprend les époques géologiques avec leurs principales divisions, les plus récentes occupant le haut du tableau.

TABLEAU

des différentes époques géologiques et de leurs principaux étages

V. Epoque quaternaire ou époque de l'homme.	Terrasses.	
	Champlain.	
	Glaciaire.	
IV. Epoque cénozoïque, tertiaire ou des mammifères.	Pliocène.	
	Miocène.	
	Eocène.	
III. Epoque mésozoïque, secondaire ou des reptiles.	Crétacé.	
	Jurassique.	
	Triasique.	
II. Epoque paléozoïque ou primaire.	Carbonifère, *âge des plantes.*	Permien.
		Carbonifère.
		Sous-carbonifère.
	Dévonien, *âge des poissons.*	Supérieur.
		Inférieur.
	Silurien, *âge des mollusques.*	Silurien.
		Cambro-silurien.
		Cambrien.
I. Epoque éozoïque, archéenne ou azoïque.	Huronien.	
	Laurentien.	Supérieur ou labradorien.
		Inférieur.

Carte géologique de la province de Québec.— Cette carte n'indique que les principales divisions des formations géologiques de Québec.—1 Laurentien inférieur, 2 Laurentien supérieur, 3 Huronien ou précambrien, 4 Cambrien, 5 Cambro-silurien, 6 Silurien, 7 Dévonien, 8 Carbonifère.—Q Québec, M Montréal, T Trois-Sivières, S Sherbrooke, O Ottawa, C Chicouimi, R Rimouski.—La ligne FF est la rupture qui sépare le bassin oriental du bassin occidental.

eurs princi-

rmien.
rbonifère.
us-carbonifère.

périeur.
férieur.

lurien.
mbro-silurien.
mbrien.

périeur ou la-
bradorien.
férieur.

DE QUÉBEC.—
divisions des
urentien infé-
n ou précam-
6 Laurien, 7
M Montréal,
C Chicouimi,
ure qui sépare

D
anci
gne
que
sédi
les e
parte
récen
les re
taires
s'est
Les r
de cet
les ma
térieu

Dis
rique,
sol, su
trional
comme
envelo
On t
rents e
dans le
dacks, d

ARTICLE PREMIER

—

Epoque éozoïque ou archéenne

L'époque archéenne comprend les terrains les plus anciens que l'on connaisse, ceux qui constituent le *gneiss primitif* des géologues européens. C'est sur eux que reposent les couches siluriennes et toute la série des sédiments supérieurs. Aussi doivent-ils exister en tous les endroits du globe quoiqu'ils ne soient pas visibles partout, ayant été recouverts par les formations plus récentes. Bien que ces roches soient très anciennes, on les regarde cependant comme étant réellement sédimentaires, et par conséquent, différentes de la croûte qui s'est formée lors de la première solidification du globe. Les roches archéennes ont été constituées par les débris de cette croûte primitive, et à leur tour, elles ont fourni les matériaux d'une foule de dépôts sédimentaires postérieurs.

Distribution des formations eozoïques.—En Amérique, les roches éozoïques affleurent à la surface du sol, sur un grand espace placé dans la partie septentrionale du continent, fig. 122. Cette aire éozoïque est comme une longue bande recourbée sur elle-même et enveloppant la baie d'Hudson.

On trouve encore cette formation exposée en différents endroits de l'Amérique, sous forme d'îlots englobés dans les formations plus récentes. Les monts Adirondacks, dans le New-York, forment l'un de ces îlots, qui

est relié aux formations éozoïques canadiennes par une langue étroite, traversant le Saint-Laurent à la hauteur des Mille-Isles. Les montagnes des Cantons de l'Est appartiennent à la même époque. Les roches laurentiennes canadiennes couvrent tout l'espace occupé par la chaîne des Laurentides.

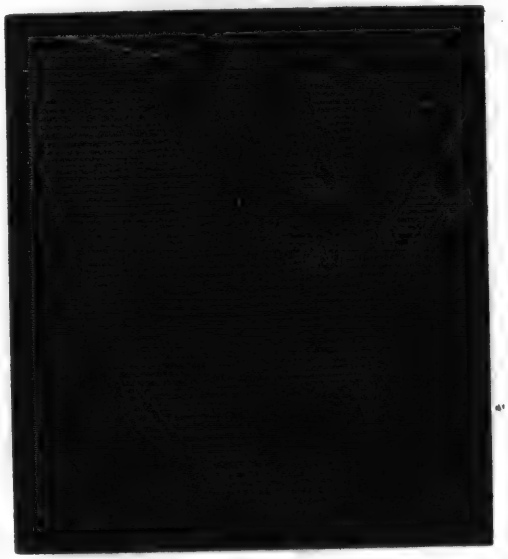


Fig. 122.

En Europe, les mêmes terrains se rencontrent en Ecosse et surtout dans la Scandinavie, dont ils constituent les montagnes à eux seuls. On les voit aussi en France et dans certaines parties de l'Allemagne, mais peu développés.

Fig. 123.—Amérique éozoïque.

Etages éozoïques.—La Commission géologique du Canada, après avoir divisé les terrains éozoïques en deux étages, l'étage *laurentien* et l'étage *huronien*, a été conduite par l'étude plus complète de la stratigraphie du laurentien, à le subdiviser en deux formations : le laurentien *inférieur* et le laurentien *supérieur* ou *labradorien*. Ces étages se distinguent l'un de l'autre par les roches qui les composent, les débris organiques qu'on y trouve, et leur stratification discordante.

Roches des terrains éozoïques. — Le laurentien inférieur se compose de schistes cristallins, dont une forte partie sont des gneiss parfois granitoïdes ; il y a aussi des quartzites, des schistes amphiboliques ou micacés, des roches pyroxéniques et calcaires métamorphiques. Ces dernières se trouvent groupées en trois grandes formations distinctes, de 1000 à 1500 pieds d'épaisseur chacune.

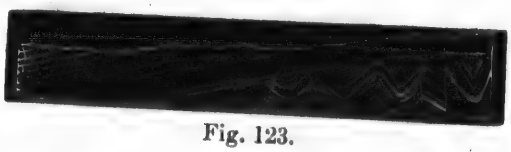


Fig. 123.

Le labradorien, qui repose en lambeaux discordants sur le laurentieu inférieur, est caractérisé par une anorthosite, composée essentiellement d'un feldspath triclinique (souvent Labradorite) et de Pyroxène. Le labradorien se voit au Château-Richer, à Saint-Urbain, au Saguenay et au nord de Montréal.

Fig. 123.—Contraste entre les terrains laurentiens et siluriens (Logan).

Le huronien renferme surtout des quartzites, des schistes plus ou moins chloriteux, épidotiques, des serpentines et des diorites. Ces lits contiennent quelquefois des galets laurentiens.

MÉTAMORPHISME, PLISSEMENTS DES LITS ÉOZOÏQUES. —Ces lits ne sont nulle part horizontaux. Aux contraire on les trouve bouleversés de toutes les manières possible. La figure 123 fait voir le contraste qu'il y a entre les terrains éozoïques et les terrains siluriens supérieurs dans la partie ouest de notre province. La direction générale des plissements est à peu près nord et sud, mais des ondulations secondaires transversales ont été reconnues dans la région septentrionale de l'Ottawa, étudiée avec plus de soin que le reste.

Ces lits ont été traversés par plusieurs roches éruptives, syénites, porphyres quartzifères et dolérites. Dans le seul laurentien inférieur, on distingue quatre époques d'épanchement, dont la quatrième a coïncidé avec l'époque silurienne.

RESTES ORGANIQUES CARACTÉRISTIQUES.—" Les calcaires du laurentien inférieur du Canada, disaient les membres de la Commission géologique en 1867, renferment des restes organiques, se rapportant principalement à un organisme étudié et décrit par le Dr Dawson, de Montréal, qui lui a donné le nom d'*Eozoon Canadense* ". Ce curieux animal aurait été un rhizopode, ou foraminifère, de grande dimension, fig. 124, recouvrant les roches et sécrétant une carapace calcaire, recouverte elle-même plus tard par une seconde expansion de sarcode. Ce second individu se serait recou-

vert à son tour d'une seconde carapace calcaire ; et ainsi de suite, de manière à constituer des amas très puissants. L'eozoon abonde dans la troisième formation calcaire du laurentien inférieur. Son squelette calcaire se trouve injecté de différents silicates, qui ont remplacé la sarcode, tout en conservant parfaitement la structure intime de la matière animale.

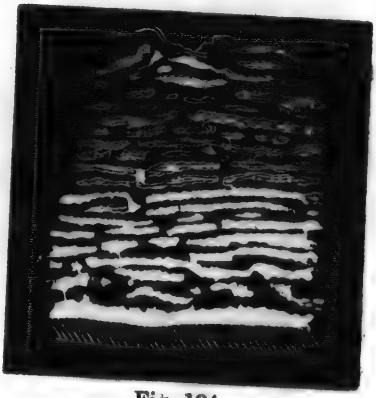


Fig. 124.

La nature organique de l'*Eozoon* est de plus en plus discutée parmi les géologues, et il n'est que vrai de dire

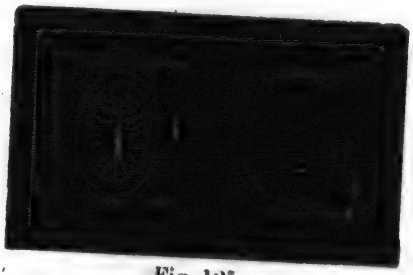


Fig. 125.

que le nombre de ceux qui l'admettent diminue tous les jours. D'autre part, l'existence d'êtres vivants, ani-

Fig. 124.—*Eozoon Canadense.*
Fig. 126.—*Arenicolites* et *Aspidella.*

maux ou plantes, alors que se déposaient les strates archéennes, ne saurait être niée. Nous en avons la preuve indirecte dans les riches gisements de carbone qu'elles renferment sous forme de graphite, sans compter les fossiles bien caractérisés, *Aspidella*, *Arenicolites*, fig. 125, trouvés dans l'Huronien.

Principaux minéraux utiles des terrains éozoïques.—Nous citerons en premier lieu le fer oxydulé et le fer oligiste, qui se rencontrent en puissantes masses stratifiées dans le laurentien inférieur. Ces lits peuvent avoir de 100 à 200 pieds d'épaisseur. Le Graphite est assez abondant, surtout dans les calcaires, où il entre quelquefois pour une proportion de 2 à 3 pour cent. Ajoutons le mica, exploité en certains endroits, l'Apatite, dont les gisements d'Ottawa sont si puissants et si riches.

Le laurentien supérieur renferme la plupart de ces minéraux, et en plus, des masses énormes de fer titané, quelquefois mélangé de Rutile, comme à Saint-Urbain.

Le terrain huronien comprend des roches dioritiques " qui abondent en minerais métalliques, parfois disséminés, mais le plus souvent répandus dans des filons, qui, dans une gangue de Quartz, renferment beaucoup de minerais de cuivre, et sont exploités avec grands bénéfices ". On y a trouvé du nickel, du cobalt, des masses considérables de fer oligiste. Les terrains miniers des Canton de l'Est appartiennent à l'Huronien.

ARTICLE DEUXIÈME

—

Epoque paléozoïque

L'étude des terrains paléozoïques a pour nous un intérêt particulier, surtout celle des étages inférieurs, car à ces étages appartiennent la plupart des terrains de notre province.

Etage silurien.—Les terrains siluriens présentent entre eux une très grande différence suivant qu'on les étudie dans la partie orientale du Canada ou dans la partie occidentale. " Dès le début de la période silurienne, a commencé un grand mouvement de la croûte terrestre, ayant pour résultat une série d'ondulations, avec plusieurs ruptures et soulèvements ". Ce mouvement a séparé la superficie paléozoïque du Canada et de l'Amérique du Nord en deux bassins. L'un oriental, comprenant les formations les plus anciennes, pliées, bouleversées et plus ou moins altérées, sur lesquelles reposent en stratification discordante, des étendues de couches appartenant au silurien supérieur, au dévonien et au sous-carbonifère ; l'autre occidental, où se trouvent les formations supérieures, siluriennes et dévoniennes, beaucoup moins tourmentées et peu altérées.

La province de Québec se trouve divisée en deux parties à peu près égales par la ligne qui sépare ces deux bassins géologiques, vu que cette ligne part du Lac Champlain, tombe sur le fleuve Saint-Laurent entre Saint-Nicolas et Saint-Antoine, passe au nord de la

citadelle, longe le côté nord de l'Ile d'Orléans et se prolonge sous le fleuve jusque dans le golfe Saint-Laurent. Les terrains placés à l'ouest et au nord de cette ligne appartiennent au bassin occidental.

DIVISIONS DU SILURIEN.—La première division du Silurien est le *Cambrien ;* il forme, avec le *Cambro-Silurien* qui lui est superposé, ce qu'on désigne quelquefois sous le nom de *Silurien inférieur.*

CAMBRIEN.—Peu développé dans la partie orientale de notre province. Se rencontre en îlots sur la rive sud du Saint-Laurent, depuis Québec jusqu'au Golfe. Les grès de Potsdam sont de cette époque. On les rencontre en assez grande étendue dans le bassin occidental.

CAMBRO-SILURIEN.—Les subdivisions du cambro-silurien sont très importantes, mais encore mal définies.

Ce sont surtout les étages inférieurs du cambro-silurion qu'on a discutés pendant de longues années, sans pouvoir tomber complètement d'accord sur leurs subdivisions ni sur leurs positions relatives. L'épaisse série de plus de 10,000 pieds que Logan avait appelée *Groupe de Québec* et qui occupe à peu près exclusivement tout le bassin oriental, a été divisée de diverses manières, de façon à en faire passer une partie dans l'Huronien, une autre dans le Cambrien, n'en laissant à l'ancien Groupe de Québec que quelques assises dont la détermination absolue reste encore à faire.

Les lits qui le composent sont toujours pliés, cassés, souvent métamorphisés. Leur étude est donc difficile et on comprend ainsi le peu de résultats sérieux qu'on a atteints jusqu'ici.

Ils se composent d'argilites, de grès, de calcaires, de conglomérats, etc. Les argilites sont le plus souvent

Fig. 126.

colorées en brun, en rouge ou en violet, et cela très irrégulièrement.

Fig. 126.—Fossiles du *Groupe de Québec*.—a, *Graptolithus bryonoïdes*; b, *Phyllograptus typus*; c, *Graptolithus Logani*; d, *G. Headii*; e, graptolite grossi; f, larve de graptolite; g, *Bathyurus Saffordi*.

Les principaux fossiles sont des graptolites et des tribolites, fig. 126.

Trenton.—Calcaires éminemment fossilifères, développés sur la rive nord du fleuve depuis la Malbaie jusqu'à Montréal. Ces lits sont souvent imprégnés de pétrole.

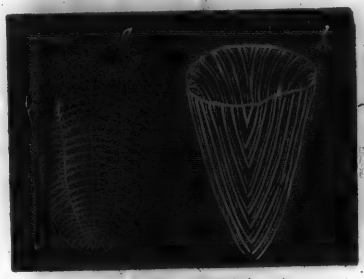


Fig. 127.

On a découvert dernièrement au Saguenay deux autres grands bassins trentoniens, presque complètement dénudés par l'érosion du glacier quaternaire.

Fossiles.—Invertébrés très nombreux, fig. 127 et 128.

Rivière Hudson.—Cette série comprend aussi celle d'*Utica*. Elle est composée en général d'argilites friables, interstratifiées de lits de grès utilisés comme pierre à bâtir. Se trouve au lac Saint-Jean, sur la rive nord du fleuve, depuis la Malbaie jusqu'à Montréal. La lèvre occidentale de la grande rupture qui partage le Canada géologique en deux bassins est bordée à l'ouest par les terrains de la *Rivière Hudson.*

Révolutions à la fin du cambro-silurien.—C'est surtout à la fin de cette époque que s'opère définitivement la séparation entre le bassin oriental et le bassin occidental du Canada. Sous l'influence d'une pression latérale venant de l'Atlantique, les couches siluriennes

---

Fig. 127.—Fossiles de Trenton.—a, *Calymene senaria*; b, *Petraia profunda.*

ont été pliées et cassées. Ce phénomène s'est produit tout spécialement le long d'une grande ligne de rupture qu'on peut tracer depuis le Golfe jusqu'au Cap-Tourmente, et de là, en passant par St-Augustin, jusqu'au lac Champlain et même jusque dans les Etats du Sud de la République américaine. C'est la ligne de séparation des deux bassins géologiques de notre province. Cette faille a eu pour effet d'amener à la surface les roches dites du Groupe de Québec et de les faire reposer *apparemment* sur les lits plus récents d'Utica et de la rivière Hudson. Dans la figure 129 qui est une section faite à la chute Montmorency, T est le calcaire de Trenton, U est l'Utica,

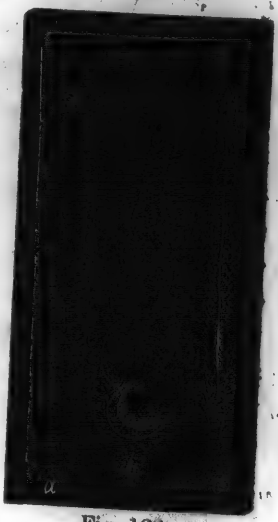


Fig. 128.

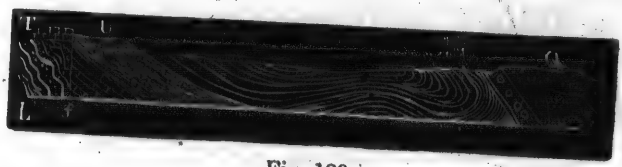


Fig. 129.

Q est le Groupe de Québec, L est le Laurentien, *f* une

Fig. 128.—Fossiles de Trenton et Riv. Hudson.—a, *Orthoceras*; b, *Murchisonia gracilis*; c, *Graptolithus bicornis*.
Fig. 129.—Section à Montmorency : T U, hauteur de Beauport, Q, Ile-d'Orléans (Logan).

ligne de rupture secondaire. Cette section court depuis les hauteurs de Beauport, jusque sur le côté sud de l'Ile d'Orléans. C'est sur le côté nord que passe la faille dont il est question plus haut.

SILURIEN PROPREMENT DIT.—Ces terrains existent surtout dans le sud de la région appalachienne où ils reposent en stratification discordante sur le cambro-silurien. Dans la Gaspésie, ils sont représentés par une épaisseur de calcaire de près de 2000 pieds. Ces calcaires sont recouverts en partie par une série de schistes *dévoniens*, d'une épaisseur de 7000 pieds, renfermant une flore fossile remarquable, étudiée par Sir W. Dawson. Les calcaires cités plus haut paraissent être l'équivalent des formations *Medina*, *Clinton*, *Niagara* et *Guelf*, du bassin paléozoïque occidental.

Nous donnons les principaux étages siluriens supérieurs du bassin occidental; le No 1 correspond au plus ancien.

6	Heldelberg inférieur	Calcaire.
5	Onondaga	Dolomie.
4	Guelf	Dolomie.
3	Niagara	Dolomie.
2	Clinton	Calcaire et schiste.
1	Medina	Grès.

On croit que les calcaires fossilifères de l'Ile d'Anticosti correspondent à la formation de *Guelf* dans Ontario.

Vie silurienne.—Vie essentiellement marine, caractérisée surtout pas un grand développement de mollusques, de trilobites, d'algues, etc.

ETAGE DÉVONIEN ou ERIEN.—Les terrains dévoniens ne se rencontrent guère, dans notre province, que dans la Gaspésie, mais en revanche ils sont très développés dans Ontario, autour du lac Erié. En voici les principaux étages. Le No 1 indique encore le plus ancien.

5 Chemung..... .....Schistes et grès.
4 Portage .....Schistes et grès.
3 Hamilton .....Schistes et marnes.
2 Cornifère.....Calcaire.
1 Oriskany.....Grès.

PÉTROLE CANADIEN ET AMÉRICAIN.—*Lits pétrolifères.* —Les terrains dévoniens du bassin occidental présentent un grand intérêt en ce qu'ils contiennent une assez grande quantité de pétrole. Il est possible cependant que le pétrole se rencontre dans les formations inférieures aux terrains dévoniens, *v. g.*, dans les calcaires de Trenton. Certains puits à pétrole dans les îles Manitoulines et le Kentucky atteignent cet horizon.

Le fait est que les lits calcaires de Trenton sont presque partout imprégnés d'une quantité notable de pétrole.

Malheureusement, dans notre province, ces lits calcaires ne semblent pas réaliser les conditions physiques nécessaires pour l'accumulation du pétrole dans des réservoirs exploitables.

Dans Ontario les sources de pétrole ne se trouvent que dans les formations Eriennes. Les puits à pétrole traversent 100 à 140 pieds de drift puis atteignent les schistes de *Hamilton* et souvent même se rendent jusqu'au calcaire cornifère.

Il semble que dans tous les cas la source du pétrole est dans les calcaires, soit cornifères soit Trentoniens. Les schistes *Hamilton*, les sables quaternaires qui ont quelquefois donné des quantités considérables de pétrole n'étaient que des réservoirs où s'accumulait le liquide provenant des lits inférieurs. Il suit de là que les sources de pétrole se rencontrent de préférence le long des lignes de ruptures géologiques, car, en ces endroits, il y a plus de chance de rencontrer des fissures capables d'accumuler en quantité notable le pétrole des parties voisines.

Ces réservoirs renferment généralement avec le pétrole, des gaz, carbures d'hydrogène, azote, acide carbonique en petite proportion et une quantité variable d'eau salée. De sorte qu'un même puits pourra donner simultanément ou successivement ces trois produits.

La grande masse de calcaire qui forme la base des grès dévoniens dans la Gaspésie est plus ou moins imprégnée de pétrole. De nombreuses petites sources s'y rencontrent sur les affleurements du calcaire et du grès. On a foré plusieurs puits dans cette région, sans qu'on en connaisse encore le résultat.

Les pétroles de la Pensylvanie viennent des terrains dévoniens supérieurs, ceux de la Virginie occidentale et de l'Ohio sont extraits des terrains sous-carbonifères.

Genèse du pétrole.—Ce carbure liquide est certainement contemporain des calcaires où on le trouve. D'après le Dr Hunt, le pétrole résulte d'une transformation particulière des matières animales ou végétales, qui se serait opérée au fond des eaux où se faisaient les dépôts calcaires.

Les relations entre le pétrole et les eaux salines ne sont qu'apparentes. Ces eaux ne sont que des restes de l'océan primitif, silurien ou dévonien. De plus, il y a dans les mêmes formations des lits salifères distincts des lits pétrolifères et qui peuvent par accident mélanger leurs produits avec ceux des lits pétrolifères dans des réservoirs communs.

D'après une autre théorie dont le principal avocat est le fameux chimiste russe Mendelejeff, le pétrole serait produit par la réaction des eaux d'infiltration profonde venant en contact avec les substances carburées du noyau central. L'eau serait alors décomposée et son hydrogène se combinerait avec le carbone pour former les différents carbures dont on désigne l'ensemble sous le nom de pétrole. Dans cette hypothèse, le pétrole ainsi que les gaz naturels se produiraient indéfiniment et les dépôts qu'on en trouve pourraient se régénérer avec le temps. Cette théorie n'est pas regardée par les géologues comme ayant une grande valeur.

Vie dévonienne.—Caractérisée surtout par un grand développement de poissons de la famille des requins. Il y en avait plusieurs recouverts de ces larges plaques osseuses qu'on retrouve souvent dans les lits dévoniens. Ajoutons beaucoup de mollusques, de coraux, de trilobites. Les plantes terrestres qui font alors leur apparition

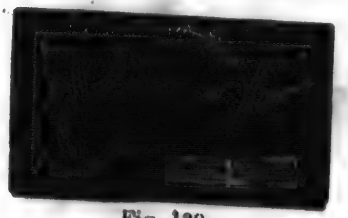


Fig. 130.

Fig. 130.—Plantes dévoniennes. a, *Asterophyllites parvula*; c et d, le Même agrandi, d'après Dawson.

sont toutes cryptogames : fougères, lycopodes, équisétacés, fig. 130 et 131.

Fig. 131.

Etage carbonifère.—C'est l'âge durant lequel s'est formée la houille. Dans les terrains inférieurs, à cause de développement restreint de la végétation, la houille n'existe pas. Mais les mines de houille peuvent se trouver dans les étages supérieurs, et de fait, quelques-unes sont exploitées qui appartiennent aux époques mésozoïques et même cénozoïques.

Durant l'époque carbonifère, la surface des continents où devait se former la houille était en partie occupée par de vastes marais d'eau douce. Là, une végétation des plus vives se développait incessamment, pendant qu'à l'ombre de ces forêts se multipliaient les scorpions, les araignées, les insectes et plusieurs reptiles. Les plantes, assez analogues aux plantes dévoniennes,

Fig. 131.—Animaux dévoniens. d, *Cephalaspis Dawsonii* ; a, carapace du même grossie ; c, *Zaphrentis prolifica*.

appartenaient à la grande classe des cryptogames. Le feuillage était donc très riche, mais il n'y avait pas de

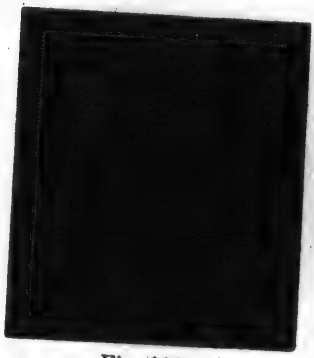


Fig. 132.

Fig. 133.

fleurs. Les fougères de cette époque atteignent 30 pieds de hauteur, les lycopodes, 50 ou 60 pieds, et les

Fig. 134.

Fig. 132.—a, Aile de *Blattina Bretonensis*; b, *Archiulus xylobioïdes*.

Fig. 133.— Portion de tige de Calamite.

Fig. 134.—a, Ecorce de *Lepidodendron personatum*; b, rameau de *L. Pictoense*; c, feuille du même; d, *Sigillaria eminens*; e, *Sigillaria Brownii*, d'après Dawson.

équisétacés, plus de 20 pieds. Toutes ces plantes, sauf certaines fougères tropicales, ne dépassent pas maintenant deux ou trois pieds. Les figures 132, 133 et 134 représentent quelques types des fossiles carbonifères, plantes et animaux.

La formation carbonifère n'est représentée dans la province de Québec que par une étroite lisière, de *sous-carbonifère*, à Bonaventure, laquelle ne renferme pas de mine de houille. C'est dire qu'on ne découvrira pas de mine de houille au Canada. Les quelques matières charbonneuses qui se rencontrent souvent dans certaines parties du Groupe de Québec, sont loin de constituer des mines de houille, pas plus que les filons de bitume, de neuf ou dix pouces d'épaisseur, qu'on trouve ailleurs, et dont le rendement ne couvrirait pas les frais d'exploitation.

La formation houillière est très développée dans la Nouvelle-Ecosse, les Etats-Unis, l'Angleterre, la France, etc.

L'âge de la houille n'a pas été un âge de verdure perpétuelle, car les lits de houille, qui sont le résultat de la décomposition des végétaux, ne constituent pas le cinquantième de l'épaisseur totale des terrains houilliers. Il s'y est donc produit dans les surfaces continentales des dépressions assez fortes pour permettre le dépot de lits puissants de grès ou de calcaires. Un mouvement ascendant les reportait plus tard à la surface, de sorte qu'un autre lit de houille pouvait se former, et ainsi de suite.

Origine de la houille.—Il est hors de doute que la houille résulte de tissus végétaux décomposés. En voici

les principales preuves. On y trouve en effet des troncs d'arbres ayant encore la structure du bois et cependant convertis en houille. Des lits de tourbes se changent insensiblement en une matière qui ressemble tout à fait à la houille. Les débris de plantes, feuilles, rameaux, tiges, abondent dans les lits houilliers. Enfin, l'anthracite, même le plus compact, a la structure organique.

Les matières végétales, enfoncées dans l'eau et soumises à l'action d'une chaleur modérée, ne perdent qu'une petite partie de leur carbone, le reste demeure combiné avec une portion de l'hydrogène et de l'oxygène des tissus primitifs et constitue la houille. Le bois, durant cette opération, perd les trois cinquièmes ou les trois quarts de son poids, et de plus, grâce à la pression, son volume est de beaucoup diminué. On croit qu'un pied de houille correspond à un lit végétal de 5 pieds d'épaisseur, et un pied d'anthracite à un lit végétal de 8 pieds.

L'existence des lits de houille, avec les mêmes plantes fossiles au pôle nord et à l'équateur, est une preuve que le climat de cette époque était à peu près uniforme sur toute la surface de la terre. L'atmosphère devait renfermer beaucoup d'acide carbonique et de vapeur d'eau, agents qui favorisent grandement la croissance des végétaux.

Autrefois l'opinion générale était que les lits de houilles résultaient de l'altération de plantes qui avaient poussé là même où l'on trouve aujourd'hui les dépôts de charbon. Une série de soulèvements et d'affaissements successifs auraient permis d'abord le développement de profondes tourbières, lesquelles, ensevelies plus

tard sous l'eau, auraient été recouvertes de dépôts marins assez épais et changées en charbon. C'est ainsi que l'on rendait compte de l'alternance remarquable que l'on constate entre les lits de houille et les lits de grès, de calcaire, etc., qui constituent l'étage houillier. Cette explication est encore la seule possible pour les petites couches de houille que l'on trouve dans les bassins américains. Ces couches sont trop minces, trop régulières et trop étendues pour qu'on puisse en expliquer l'origine autrement.

En Europe, surtout en France, on croit que l'accumulation des matières végétales aux endroits où l'on trouve maintenant la houille, est uniquement due au transport par les eaux superficielles ; que les plantes houillières ont souvent vécu loin des lits de houille ; que leur détritus ont été charriés par les cours d'eau et sont venus s'accumuler dans des espèces de deltas, où ils devaient à la longue former les lits houilliers.

Cette explication paraît très plausible pour certaines houillières. Cependant, il ne faut pas généraliser trop vite et il est probable que les deux théories relatives à l'origine des accumulations des débris végétaux de cette époque sont vraies dans une certaine mesure.

Agrandissement du continent américain du nord pendant la paléozoïque.—Nous avons vu qu'à la fin de l'époque archéenne, le continent américain était représenté par un noyau terrestre assez restreint, placé près de la baie d'Hudson. Les montagnes de cette première époque étaient les Laurentides, les Adirondacks et quelques autres sommets des Etats-Unis. Durant tout le paléozoïque, le continent américain s'agrandit;

son rivage sud s'éloigne de plus en plus du noyau archéen. A la fin du cambro-silurien, les rivages océaniques touchent presque les limites sud de notre province. Les monts Notre-Dame et les montagnes Vertes surgissent. Une étroite bande de la Gaspésie se formera durant le dévonien et à la fin du sous-carbonifère notre province contiendra tous les terrains qu'on y rencontre aujourd'hui. La ligne des rivages continue encore son mouvement vers le sud durant le carbonifère.

Perturbations à la fin du paléozoïque.—Durant toute l'époque paléozoïque, sauf le cambro-silurien, les lits étaient restés dans un repos relatif. Mais à la fin de cette époque, les couches ont été profondément modifiées, dans leur position par des plissements et des ruptures, dans leur composition et leur structure par le métamorphisme. Ça été une époque de bouleversement par toute la surface de la terre, et, par contre-coup, l'extinction de toutes les espèces animales paléozoïques

Fig. 135.

s'en est suivie. Ces grands mouvements, comme dit M. Le Conte, ont été comme la sentence de mort des êtres paléozoïques.

Fig. 135.—Faille (Dana).

Leurs effets ont été de courber les lits en plis gigantesques, larges d'un mille et plus; de les rompre par failles de 10,000 à 20,000 pieds, fig. 135. Ailleurs les roches ont été durcies, métamorphisées, la houille changée en anthracite. Nous donnons ici deux coupes des couches telles que modifiées par ces révolutions, fig. 136.

Fig. 136.

Il semble que la force produisant ces mouvements soit venue de l'Atlantique. Dans tous les cas, les effets en ont été considérables, surtout sur la côte est de l'Amérique, et le résultat définitif a été la formation des monts Apalaches. On peut y constater les plissements et les ruptures qui ont modifié la position primitive des lits. On y voit en même temps que le relief des plis primitifs, qui avaient jusqu'à 20,000 pieds de hauteur, a été profondément altéré par l'érosion; les

Fig. 136.—Bouleversements à la fin du paléozoïque (Dana).

Apalaches ne présentent nulle part des sommets qui atteignent cette élévation.

C'est à cette époque qu'on croit devoir placer la formation des monts Ourals, entre l'Europe et l'Asie.

ARTICLE TROISIÈME

—

Epoque mésozoïque

Les terrains de cette époque offrent peu d'intérêt pour nous, vu qu'on ne les rencontre pas dans notre province. Le continent américain s'accroît encore par des dépôts qui se forment sur ses côtés et sur une large bande placée à l'intérieur, là où s'élèvent maintenant les Montagnes Rocheuses. Cette grande loi du développement géographique du continent américain par le sud, se continue donc durant le mésozoïque. Vers la fin, commencèrent à se dresser les chaînes de Sierra-Nevada, de Wahsatch, à l'est du Grand Lac Salé, de de Humbodt et quelques autres chaînons secondaires. La figure 137 est une carte de l'Amérique à l'époque mésozoïque. Le continent est presque tout formé, sauf une lisière le long du golfe du Mexique et une large bande sur laquelle s'élèveront plus tard les puissants massifs des Montagnes Rocheuses.

Cette époque se partage en trois étages : le *triassique*, le *jurassique* et le *crétacé*, caractérisé par de puissants lits de craie.

Les étages mésozoïques sont très développés dans le Nord-Ouest. On y distingue nettement le crétacé qui occupe d'immenses surfaces à l'est des Rocheuses. Le groupe Laramie, qui sert comme de trait d'union entre le mésozoïque et le cénozoïque, s'y trouve également sur de larges espaces.

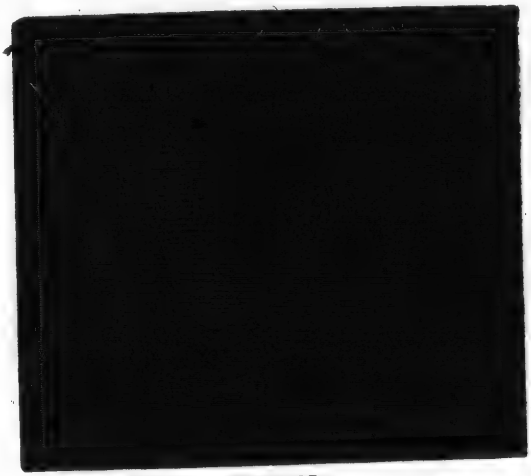


Fig. 137.

La vie se modernise peu à peu. Parmi les mollusques, les espèces d'Ammonites et de Bélemnites se comptent par centaines, par milliers. Les reptiles, chez les vertébrés, prennent un développement si marqué, que cette époque a été appelé *l'âge des reptiles*. C'était d'énormes sauriens, sillonnant les eaux de leur masse pesante, ou des ptérodactyles, véritables dragons volants, *a* fig. 138. Quelques sauriens terrestres, à la

Fig. 137.—Amérique mésozoïque.

fois herbivores et carnivores, mesuraient 25 à 50 pieds de long; d'autres sauriens bipèdes, les dinosaures, et

Fig. 138.

parmi eux l'*iguanodon*, atteignaient des dimensions énormes, plus de 30 pieds de longueur; ajoutons les mosasaures, serpents marins de 75 à 80 pieds. Les oiseaux d'alors ont plusieurs traits de ressemblance avec les reptiles; quelques-uns ont des queues mobiles comme eux et de véritables dents. Il est donc tout naturel que cette époque ait été appelée l'âge des reptiles. La fig. *b* représente la tête de l'un de ces reptiles, *c* et *d* sont deux espèces choisies parmi les coquilles microscopiques dont se compose la craie.

Fig. 138.—Animaux de l'époque mésozoïque. a, *Plerodactylus crassirostris*; b, tête de mégalausaure; c, *planorbulina ariminensis*; d *textularia pygmæa*, deux foraminifères crétacés.

ARTICLE QUATRIÈME

—

Epoque cénozoïque

On partage l'époque cénozoïque en *eocène, miocène* et *pliocène.*

De ces trois divisions, une seule se rencontre dans le Nord-Ouest canadien, le miocène. Près de New-Westminster, on rencontre des strates assez puissantes qui doivent y être rapportées. Mais le miocène est surtout représenté par des épanchements volcaniques

Fig. 139.

extrêmement puissants qui occupent à peu près l'axe du large gonflement continental où se trouvent les Rocheuses et les montagnes de la Côte (Coast Range).

Fig. 139.—Amérique cénozoïque.

Nous devons nous rappeler encore que les assises supérieures du Laramie appartiennent très probablement au cénozoïque.

C'est durant le cénozoïque que notre continent se complète. Les Montagnes Rocheuses se forment définitivement et atteignent peu à peu le niveau qu'elles ont maintenant. Les côtes continentales se développent, et à la fin de l'époque, l'Amérique du Nord apparaît telle que nous la voyons aujourd'hui. La figure 139 représente le continent américain du nord à l'époque cénozoïque.

Fig. 140.

La vie végétale et animale se rapproche décidément de celle qui nous est contemporaine. Parmi les arbres on trouve les chênes, les saules, les peupliers, les érables, les palmiers, les magnolias, etc. Dans le règne animal existe un grand développement de mammifères. Les

Fig. 140.—*Xiphodon gracile.*

oiseaux n'ont plus la queue de leurs prédécesseurs mésozoïques, mais ressemblent aux espèces actuelles. Chez les mammifères apparaissent les premières baleines, les premiers herbivores, fig. 140, les carnivores, les rongeurs et les singes. Dans les lits miocènes se trouvent des ossements fossiles d'hyènes, de chiens, de panthères, de rhinocéros, de tapirs, de chevaux, etc. Le pliocène renferme des restes d'éléphants, de mastodontes, de renards, de loups, etc.

C'est durant cette époque que se forment les Montagnes Rocheuses. En Europe et en Asie, on voit aussi surgir de puissants massifs montagneux. Les Alpes, les Pyrénées, les monts Carpathes, les monts Himalayas, sont de l'époque cénozoïque.

ARTICLE CINQUIÈME

Epoque quaternaire

L'époque quaternaire offre pour nous un intérêt particulier, car c'est alors que se sont formés les sables, les graviers et les glaises, qui recouvrent partout les formations siluriennes et qui constituent notre sol arable. Dans la province de Québec, nous n'avons donc que les deux extrémités de la série des terrains géologiques ; les plus anciens : terrains *éozoïques* et *paléozoïques*, et les plus récents : terrains *quaternaires*.

L'époque quaternaire se partage en trois étages : l'étage *glaciaire*, l'étage *Champlain* et l'étage des *terrasses*.

ETAGE GLACIAIRE.—Durant cette période on constate qu'une quantité énorme de substances minérales et terreuses fut transportée du nord vers le sud, dans les pays septentrionaux. C'étaient des argiles, des sables, des graviers, des galets, quelquefois des troncs ou des branches d'arbre. Ces matières sont maintenant distribuées pêle-mêle, statifiées ou non, à la surface des continents. Elles ne contiennent jamais de fossiles marins, à moins qu'elles n'aient été remaniées plus tard. La province de Québec, surtout la grande plaine qui en occupe le centre, est recouverte par une épaisseur considérable de ces matériaux de transport. La plupart des cailloux perdus des champs viennent des Laurentides.

Les cailloux transportés ainsi ont quelquefois un volume colossal. On en a mesurés de 20 ou 30 pieds de dimension en tous sens et pesant des millions de livres. En général la direction de ces mouvements a été du nord vers le sud ou le sud-ouest, quelquefois vers le sud-est. Les matériaux ont été transportés à travers les grands lacs de l'ouest, aussi bien qu'à travers les plaines ordinaires. Quant à la distance à laquelle ces transports se sont faits, elle dépasse quelquefois 200 milles.

Striage.—Les surfaces rocheuses sur lesquels s'opéraient ces mouvements ont été polies, arrondies en roches moutonnées; leur surface s'est recouverte de stries, indiquant la direction du mouvement. On trouve ces stries dans les montagnes, à plus de 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Glacier continental.—La cause de tous ces effets a été une immense surface de glace, un immense glacier,

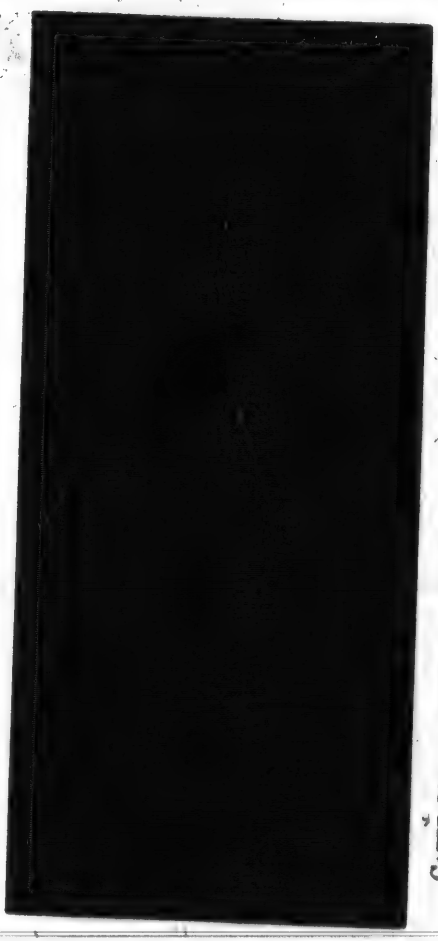
recouvrant complètement les contrées septentrionales de l'hémisphère nord et coulant vers le sud. En effet, les glaciers des Alpes produisent encore aujourd'hui les mêmes résultats, et il est raisonnable d'attribuer à des causes analogues des effets de même nature. Les hauteurs auxquelles on trouve maintenant les stries glaciaires (4000 ou 5000 pieds), font donner à la masse de glace une épaisseur énorme. Si les glaciers actuels, qui ne dépassent guère quelques centaines de pieds d'épaisseur, modifient si profondément les surfaces sur lesquelles ils coulent, que ne pouvait pas faire alors le poids immense du glacier continental ? Sans aucun doute, il y a là une cause suffisante pour expliquer tous les phénomènes que nous constatons dans cet étage du quaternaire. Les lits antérieurs ont donc dû être usés, polis ; leurs débris, entraînés par le courant glacial, se sont déposés, et ont formé le sol que nous cultivons maintenant.

Les banquises d'alors ont aussi contribué à transporter une certaine quantité de terre et de pierres, du nord vers le sud où dans le sens des vallées envahies plus tard par l'océan.

Etage Champlain.—Cette période a été caractérisée par une dépression des continents septentrionaux, assez considérable pour permettre le dépôt de fossiles marins à des endroits maintenant élevés de près de 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le climat devint plus chaud que durant la période précédente ; ce fut la cause de la fusion du glacier continental. Les eaux qui en résultèrent recouvrirent une grande partie du continent, remanièrent les détritus rocheux distribués sans

ordre par le courant glacial primitif, pour les déposer ensuite sous forme d'alluvions plus ou moins régulièrement stratifiées.

A ces eaux douces, nous devons ajouter l'océan, qui,



CARTE DE LA PROVINCE DE QUÉBEC A L'ÉPOQUE CHAMPLAIN.—Les parties couvertes de hachures étaient alors envahies par l'eau. Le golfe Saint-Laurent se prolongeait jusqu'à Montréal, et, au sud, ses eaux se mêlaient à celles du lac Champlain. Ce dernier, véritable bras de mer, était peuplé de baleines et autres animaux marins, dont on a trouvé les débris sur ses rivages. Il est aussi digne de remarque que le territoire du Saguenay était également recouvert par l'eau. Le lac Saint-Jean devait se prolonger loin au sud, jusqu'aux environs de Chicoutimi. C'est durant l'époque des *terrasses* que ce vaste réservoir s'est vidé peu à peu par la rivière Saguenay.

grâce à l'affaissement de la surface continentale, envahit la terre ferme, remaniant, lui aussi, les détritus de l'époque glaciaire, et laissant çà et là des amas de coquillages marins, fig. 141. Ces coquillages se trouvent en plusieurs endroits de notre province, particulièrement à Beauport, à Montréal, aux Trois-Pistoles, au Lac Saint-Jean, etc. Ils sont souvent à plus de 400 ou 500 pieds au-dessus du niveau actuel du fleuve.

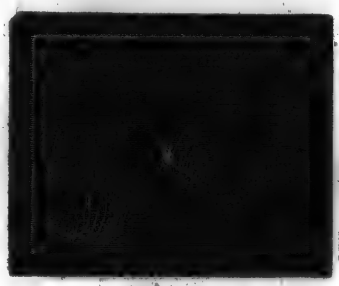


Fig. 141.

De ces faits on a droit de conclure qu'à l'époque Champlain, la province de Québec était en grande partie un immense bras de mer, faisant communiquer l'océan avec le lac Champlain, peuplé de baleines, de marsouins, et autres animaux marins dont on a trouvé les restes sur ses bords. Il est certain cependant que ni la région apalachienne du Canada, ni la région laurentienne, n'a été recouverte par les eaux de l'époque Champlain. La preuve en est que les matériaux des glaciers se rencontrent là très irrégulièrement distribués, sous forme de moraines, absolument dans l'état où le glacier, en fondant, a dû les laisser sur le sol.

Les lits de l'étage Champlain dans l'Amérique du Nord contiennent les débris de plusieurs grands mammifères

---

Fig. 141.—a, *Saxicava rugosa*; d, *Tellina Groenlandica*, coquillages marins de l'étage Champlain.

herbivores, éléphants, mastodontes, bœufs, cerfs, castors, avec peu de carnivores. En Europe les mêmes lits sont riches en os de carnivores, lions, ours, tigres. Dans l'Amérique du Sud, on y trouve des os d'édentés, megatherium, glyptodon. En Australie, ce sont des fossiles de marsupiaux à peu près semblables à ceux qui y vivent encore aujourd'hui. Tous ces mammifères avaient des dimensions colossales. L'époque Champlain est celle où cet embranchement du règne animal atteint son plus grand développement.

ÉTAGE RÉCENT OU DES TERRASSES.—A la fin de l'époque Champlain, la surface continentale, régularisée par les eaux, commença à émerger lentement de la surface de l'océan qui la recouvrait. Alors les rivières apparurent dans les vallées et creusèrent peu à peu leurs lits actuels dans le sol meuble et stratifié, déposé durant la période Champlain. Ces rivières, en atteignant des niveaux de plus en plus bas, formèrent de chaque côté de leurs lits des terrasses plus ou moins régulières. Ces terrasses se voient le long de tous les cours d'eau. Un endroit où elles sont tout particulièrement belles, c'est l'embouchure de la rivière Sainte-Anne. Toute la paroisse de Saint-Joachim ne se compose d'ailleurs que de deux terrasses, l'une, inférieure, argileuse, l'autre, plus haute de 10 à 15 pieds, à surface sablonneuse. Citons encore les terrasses si belles et si régulières qui entourent la montagne de Montréal. Il y en a là toute une série, superposées les unes aux autres et du plus haut intérêt pour le géologue à cause des fossiles qu'elles renferment. La même chose peut se dire des

terrasses qui avoisinent Québec. A Beauport et à Lorette, elles sont particulièrement riches en fossiles.

Oscillations du continent américain durant l'époque quaternaire.—De tout ce que nous venons de voir, nous pouvons conclure que trois grandes oscillations se sont fait sentir pendant le quaternaire, dans les pays septentrionaux. Un premier mouvement d'élévation, durant l'époque *glaciaire*, qui causa très probablement le refroidissement des climats et amena la formation du glacier continental. Un mouvement d'affaissement, durant lequel le glacier fondit, et l'océan envahit une partie du continent : étage *Champlain*. Enfin, un second mouvement de soulèvement : étage des *terrasses*.

ARTICLE SIXIÈME.

L'homme

C'est après toute cette série de révolutions, alors que le terre, façonnée par la main du Créateur, modifiée par le concours des divers agents de la nature, et enrichie de tout ce qui était nécessaire à l'humanité, était devenue une demeure digne du roi de la création, que ce roi lui-même est sorti de la main de Dieu. L'homme a été créé directement par Dieu. Quand même l'Ecriture ne nous le dirait pas, le témoignage de la science suffirait pour l'affirmer hautement. Impossible d'expliquer autrement les facultés intellectuelles qui lui appar-

tiennent. Il n'est pas, comme le veulent les transformistes à outrance, un des anneaux de cette série indéfinie de formes par lesquelles seraient passés les êtres vivants, obéissant à une grande loi de perfectionnement qu'on suppose régir toute la création animée. L'homme n'a donc aucun lien de parenté avec le singe. Il n'est par un singe perfectionné. Les crânes humains les plus anciens, sont, d'après les transformistes eux-mêmes, tout à faits différents des crânes simiens.

L'homme a été créé, non pas à l'état sauvage, mais dans un état de véritable civilisation. Si donc on trouve quelque part des traces qui indiquent l'état de barbarie de certaines peuplades préhistoriques, celles-ci doivent être regardées comme des produits de la dégénérescence de l'espèce humaine et non pas comme des types de la condition primitive de l'homme.

Quant à l'antiquité de l'homme, on pout croire que nos ancêtres ont été contemporains au moins des grands mammifères quaternaires, car on trouve les ossements humains mêlés dans les cavernes avec ceux des mammouths, des rhinocéros et des ours. On a même découvert sur des morceaux d'ivoire, des desseins représentant des mastodontes quaternaires, animaux dont on ne trouve plus maintenant les ossements qu'à l'état fossile. Mais il n'y a aucun fait qui permette de croire un instant à l'existence de l'homme tertiaire.

D'ailleurs l'antiquité de l'homme est une question qui est du ressort de l'histoire proprement dite. Si donc un jour, les avancés de la Géologie contredisent des faits prouvés d'une manière certaine par les documents historiques, il faudra admettre que la Géologie se trompe.

Cela sera d'autant plus facile, que ses données, trop souvent, ou bien ne sont pas certaines, ou bien sont susceptibles de diverses interprétations. La vérité est une. Du moment qu'elle se laisse voir, qu'elle apparaisse du côté des faits ou du côté du raisonnement philosophique, nous n'avons qu'à l'accepter et à nous incliner devant elle.

Des rapports de la Bible et de la Géologie, nous ne dirons qu'un mot. Dieu est l'auteur des faits géologiques aussi bien que de la Bible. Ce sont deux livres merveilleux qui ne peuvent se contredire. Si quelques-uns de ceux qui essaient de les lire les trouvent en désaccord, soyons sûrs qu'ils interprètent mal l'un ou l'autre de ces deux grands livres. Pour nous, respectons-les tous les deux. Etudions-les avec passion, si nous le voulons, mais en toute soumission aux décisions des autorités compétentes. Ils chantent, chacun à sa manière, la gloire de leur auteur commun, le Dieu de toute vérité.

BOTANIQUE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

La Botanique est la science des végétaux. Elle étudie leur origine et leur développement et tire de l'examen de leur structure des caractères propres à les classer.

Cette simple définition laisse déjà apercevoir l'immense étendue du champ qu'embrasse cette science. En effet les plantes se trouvent partout. Depuis l'humble lichen qui se cramponne aux flancs des rochers arides, jusqu'aux algues microscopiques qui pullulent au sein des eaux, en passant pas nos superbes forêts et nos verdoyantes prairies, les plantes couvrent toute la surface du globe. Les botanistes comptent déjà par

centaine de mille les différentes espèces de plantes vivantes et ce nombre si considérable s'accroît tous les jours. Que sera-ce donc si on y ajoute les espèces fossiles qui se trouvent dans les lits de la croûte terrestre ?

Aussi, est-il complètement impossible d'entreprendre une étude détaillée de chacune de ces espèces. Dans ces quelques notes, nous n'étudierons donc les plantes qu'à un point de vue tout à fait général. Nous verrons leur organisation, leur structure tant élémentaire que générale, leur mode de reproduction et de développement, sans nous occuper particulièrement, sauf de rares exceptions, de la valeur qu'elles peuvent avoir, à divers points de vue particuliers.

On définit généralement le *végétal :* Un être organisé, privé de sensibilité et de mouvement spontané, qui se nourrit de substances inorganiques au moyen d'organes qui lui sont propres.

Les végétaux se distinguent très nettement des corps inorganiques. Sans parler de l'organisation spéciale qui fait que leur composition élémentaire n'est pas la même dans leurs différentes parties, les végétaux ne renferment qu'un petit nombre d'éléments, quinze ou seize au plus ; et parmi ces éléments, quatre constituent pour ainsi dire exclusivement la charpente végétale. Ce sont l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote. Les végétaux croissent d'une manière limitée et par *intussusception*, c'est-à-dire que les éléments, pour être assimilés, doivent pénétrer d'abord à l'intérieur pour se distribuer dans les différentes parties où s'opère l'accroissement. Puis, après un temps plus ou moins

long, après avoir rempli certaines fonctions spéciales qui caractérisent ce qu'on appelle la vie, le principe vital qui s'était manifesté en eux s'en sépare, les plantes meurent et dès lors retombent dans la catégorie des êtres inorganiques. Les composés instables, formés sous l'influence de la vie, se résolvent en combinaisons plus simples et plus fixes, et les plantes comme les animaux, finissent par retourner en la poussière d'où elles sont sorties.

Les êtres inorganiques ou les minéraux ne présentent aucun de ces caractères. Leur composition chimique est des plus variées. Ils renferment en effet tous les éléments de la nature. Ils croissent par *juxtaposition*, d'une manière illimitée, soit continuellement, soit par intermittence. Enfin leur existence n'est pas limitée par le départ d'un principe de vie spécial. Les minéraux ne meurent pas. Au contraire ils peuvent exister indéfiniment tels qu'ils sont.

Bien que les plantes aient comme les animaux un principe de vie distinct de la matière qui les compose, il existe cependant des différences très marquées entre ces deux groupes d'êtres vivants. Dans les animaux les aliments se rendent d'abord dans un organe particulier où ils sont élaborés, pour se distribuer ensuite dans tout le corps. Chez les plantes, l'élaboration se fait un peu partout, et quoique certains organes y concourent plus directement que d'autres, il est cependant difficile de localiser ce phénomène physiologique. Chez les animaux, il y a encore un centre de circulation, ce qui ne se trouve pas chez les plantes. Les animaux se meuvent spontanément, les plantes ne jouissent pas de cette

faculté ou ne la possède qu'à l'état rudimentaire. Les animaux sentent, les plantes sont regardées comme insensibles.

Cependant les deux règnes, animal et végétal, se touchent par leurs degrés inférieurs. A mesure que les êtres vivants, plantes ou animaux, se simplifient dans leur forme et leur structure, les ressemblances mutuelles deviennent de plus en plus marquées. C'est ainsi que certains animaux inférieurs se fixent sur les rochers de la mer et semblent pousser comme les plantes, que certaines plantes ont des mouvements très remarquables, que les graines des algues, entre autres, se déplacent dans l'eau absolument comme les infusoires jusqu'à ce qu'elles aient trouvé un endroit favorable à leur germination.

Si donc les deux grandes divisions des êtres vivants sont parfaitement différenciées dans leurs embranchements supérieurs, elles paraissent se confondre par leurs racines, de façon qu'il est difficile de tracer la ligne de démarcation qui sépare nettement le règne animal du règne végétal. Ce sont comme deux rameaux issus du même tronc.

DIVISIONS

Les botanistes divisent généralement la botanique en quatre parties :

1° L'*Anatomie* ou *Histologie végétale*. C'est l'étude des tissus élémentaires des végétaux.

2° L'*Organographie*. Etude de l'organisation générale des plantes. Elle s'occupe de l'origine, du déve-

loppement, des transformations diverses de ces organes et en même temps du rôle qu'ils jouent dans la vie végétale.

3° *Physiologie végétale.* Etude des fonctions vitales des plantes ; comment celles-ci naissent, croissent et se reproduisent.

4° La *Taxonomie.* Etude des principes qui ont servi de bases aux diverses classifications qui ont été successivement imaginées.

On peut encore ajouter la *Phytographie*, qui comprend la description des plantes, soit individuellement, soit en groupes appelés : *espèces, genres, familles* ou *classes.*

---

ré
qu
fo
ex
vo
du
ce
su

fib
les
res
mu
on
tar
don
la c

CHAPITRE PREMIER

HISTOLOGIE VÉGÉTALE

Les végétaux ne sont pas des masses homogènes. Ils résultent de la juxtaposition d'organes élémentaires qu'on appelle *cellules*, *fibres* ou *vaisseaux* suivant les formes qu'ils affectent. Ces organes sont toujours extrêmement petits, et il est rarement possible de les voir à l'œil nu. Il faut donc, pour les étudier, se servir du microscope, et ce n'est que depuis la découverte de cet instrument qu'on a pu se former des idées exactes sur la structure des plantes.

Des trois organes élémentaires des plantes, *cellules*, *fibres* et *vaisseaux*, les premiers qui apparaissent sont les cellules. Toute plante, comme tout être vivant du reste, commence par être une cellule. Puis celle-ci se multiplie, ses formes extérieures se modifient, ou, comme on dit, se différencient, de manière à constituer plus tard les deux autres éléments des végétaux. Il convient donc de commencer l'histologie végétale par l'étude de la cellule et du tissu cellulaire.

ARTICLE PREMIER

—

Tissu cellulaire

Les *cellules*, vues au microscope, ont généralement l'apparence de petites vésicules complètement closes.

La réunion des cellules constitue ce qu'on appelle le tissu cellulaire ou *parenchyme*. Elles sont maintenues réunies par une matière spéciale appelée *matière intercellaire*.

Forme.—Les cellules jeunes sont généralement arrondies, *a* fig. 142. Bientôt, leur nombre augmentant, elles se pressent les unes les autres et prennent des formes

Fig. 142.

Fig. 142.—Formes diverses des cellules, *a*, cellules sphériques avec méat; *b*, cellules polygonales avec noyau ; *c*, cellules irrégulières ; *d*, cellules allongées ; *e*, cellules radiées ; *f*, cellules ramifiées (Van Tieghem).

polyédriques plus ou moins régulières. Une section d'un tel tissu cellulaire présente une série de polygones géométriques à quatre, cinq ou six côtés, et offre une certaine analogie avec les alvéoles d'un rayon de miel, *b* fig. 142.

Les cellules ont encore quelquefois d'autres formes, souvent fort irrégulières. On en rencontre à contours sinueux dans l'épiderme d'un grand nombre de plantes, *c* fig. 142 ; ailleurs elles sont radiées ou ramifiées, *e*, *f* fig. 142. Les cellules du revers des feuilles sont remarquables pour l'irrégularité de leurs formes.

Entre les cellules se trouvent des espaces vides appelés *méats* ou *espaces intercellulaires*, *m* fig. 142. Ces méats, qui existent nécessairement chaque fois que les cellules sont sphériques, se rencontrent encore parmi les cellules polyédriques. Ils sont le plus souvent remplis d'air et servent ainsi à distribuer les gaz dans l'épaisseur des tissus végétaux.

Incrustation. — La membrane cellulaire, d'abord très mince, ne tarde pas quelquefois à s'épaissir. Ce phénomène se produit particulièrement aux endroits où le tissu cellulaire acquiert une grande dureté, comme dans les noyaux des fruits. L'épaississement de la membrane résulte de la formation de couches qui se déposent successivement à l'intérieur de la paroi primitive, fig. 143. Ces dépôts se renouvellent à plusieurs reprises et la cavité cellu-

Fig. 143.

Fig. 143.—*a*, cellules incrustées tirées de la noisette ; *b*, cellules du périsperme des pepins de pomme.

laire est bientôt réduite à un minimum, quelquefois même elle disparaît complètement. Certains points de la membrane cellulaire sont incapables de s'assimiler ainsi les liquides de la cellule, alors les dépôts ne s'y produisent pas et la membrane reste mince. Si on examine au microscope l'extérieur d'une telle cellule, on verra des

Fig. 144.

taches ou des ligne plus pâles correspondant à ces solutions de continuité dans les couches incrustantes. Ce sont ces particularités qui font donner aux cellules les qualificatifs de *ponctuées*, *rayées*, *réticulés*, fig. 144, suivant l'apparence que présentent ces lignes moins foncées.

Composition chimique de la membrane cellulaire. —La membrane cellulaire se compose toujours de cellulose. Cependant, grâce à l'inscrustation, elle s'imprègne souvent de plusieurs autres principes immédiats.

Matières liquides et solides que renferment les cellules.—La principale matière liquide des cellules est le *protoplasma*. C'est le liquide vivant des cellules. Substance azotée, mucilagineuse, il remplit complète-

Fig. 144.—*a*, cellules ponctuées de la moelle de sureau; *b*, cellules rayées ; *c*, cellules réticulées des anthères du frêne.

ment les jeunes cellules. On peut même dire qu'une goutte de protoplasme constitue à elle seule une cellule au premier moment de son existence. Ce n'est que plus tard que cette cellule se revêt d'une membrane de cellulose, enveloppe qu'elle remplie complètement. Plus tard encore, on y voit apparaître des cavités qui se gonflent du suc cellulaire proprement dit, secrété par le protoplasme lui-même. Alors le protoplasme se condense sur la paroi cellulaire et apparaît au microscope sous la forme de courants qui existent tant que dure la vie de la cellule. Ce réseau protoplasmique intérieur change assez souvent dans une même cellule, mais, quand il disparaît, la cellule est morte et passe à l'état d'organe de support.

Les cellules contiennent encore de l'eau, des huiles essentielles ou fixes, des dissolutions gommeuses, etc. Lorsque les cellules ne renferment pas de matières liquides, leur vie est regardée comme éteinte ou au moins suspendue.

Les matières solides contenues dans les cellules sont très nombreuses. Nous ne verrons que les principales. En premier lieu vient le *nucleus* ou *noyau*. C'est un corps lenticulaire le plus souvent appliqué sur la paroi cellulaire, *b* fig. 142. Il est constitué par un filament peletonné sur lui-même comme un galon. On appelle *nucléine* la substance qui le compose, et entre ses replis se voient des corpuscules appelées *nucléoles*.

Chlorophylle.—C'est la matière verte des plantes. On la rencontre à l'état amorphe ou sous forme de petits grains, fig. 145. Dans une plante toute jeune la

chlorophylle n'existe pas. Elle apparaît lorsque la lumière agit directement sur les tissus de la plante.

La chlorophylle est soluble dans l'alcool. Les feuilles plongées dans ce liquide se décolorent et l'alcool prend

Fig. 145.

une belle teinte verte. Pour conserver ces dissolutions il faut les mettre à l'abri de la lumière. La chlorophylle donne un spectre d'absorption très sensible et très caractéristique.

Fig. 146.

Amidon.—On le rencontre sous forme de corpuscules incolores, le plus souvent arrondis avec des dimensions et des formes qui varient d'une plante à l'autre, fig. 146. Chaque grain d'amidon présente sur sa surface

Fig. 145.—*a*, cellules à chlorophylle prises dans la feuille du mil ; *b*. cellule plus agrandie pour montrer la disposition des grains de chlorophylle ; *c*, cellules sous-épidermiques de la feuille de pissenlit.

Fig. 146.—Grains d'amidon. *a*, amidon de pomme de terre *b*, cellule remplie de grains d'amidon ; *c*, amidon de maïs ; *d*, amidon de haricot.

un point ou une ligne obscure qu'on appelle le *hile*. Le hile est assez souvent entouré de cercles concentriques distribués sur la surface du grain d'amidon.

L'amidon se rencontre dans presque toutes les parties des végétaux, dans les racines, les tubercules, les tiges, les feuilles et les fruits. Son rôle le plus important est de constituer comme des réserves de provisions, où les plantes peuvent dans certains cas puiser leur nourriture.

La forme et les dimensions des grains varient d'une plante à l'autre, mais elles sont à peu près invariables pour une même plante. Il est donc facile de distinguer les amidons de diverses provenances qu'on aurait mélangés ensemble.

Cristaux.—Les cristaux résultent de la solidification des sels que renferment les plantes; ces sels, les plantes les produisent en combinant les acides organiques qu'elles renferment avec les substances basiques qu'elles puisent dans le sol. Grâce à la tranquillité absolue du milieu, les dissolutions salines prennent des formes cristallines très régulières. Ces formes sont quelquefois déterminables cristallographiquement, mais souvent cela est impossible. Telle est le cas entre autres pour les *raphides*, masses de cristaux aciculaires entassés parallèlement les uns aux autres dans une cellule, et qui sont d'une ténuité extrême.

La présence des cristaux dans une cellule indique que la vie en est disparue ou est sur le point de s'éteindre.

Toutes les matières solides et liquides des cellules sauf les cristaux, sont secrétées par le protoplasme.

Multiplication des cellules.—Ce phénomène ne se produit que dans les tissus, jeunes, pleins de vie, et dans lesquels le protoplasma existe avec toutes ses propriétés caractéristiques. La multiplication se produit par la partition du protoplasma et du noyau qui sont la partie importante des cellules, vu que, à vrai dire, ils constituent à eux seuls la cellule vivante.

Dans les parties essentiellement vivantes des plantes, par exemple, aux sommets végétatifs des rameaux et des racines, on voit d'abord le ruban du noyau se dérouler, puis se rompre en fragments. Ces derniers se partagent en deux groupes, et bientôt les bouts de nudéine se soudent les uns aux autres, se pelotonnent de nouveau, de manière à constituer deux noyaux nouveaux. C'est le commencement de deux nouvelles cellules. Plus tard se forme, autour de la masse protoplasmique qui entoure chacun de ces jeunes noyaux, une membrane de cellulose et les deux jeunes cellules sont complètes.

La multiplication des cellules se fait quelquefois avec une rapidité prodigieuse. Il est certain fruit où le nombre des cellules doit augmenter de plusieurs millions par heure.

Le tissu cellulaire constitue toutes les parties molles des plantes. On lui donne souvent le nom de *parenchyme*. Cependant, il peut prendre une consistance très dure, lorsque les cellules sont fortement incrustées, comme dans les noyaux des fruits.

ARTICLE DEUXIÈME

—

Tissu fibreux

Le *fibre* est une cellule allongée, fig. 147.

Forme et dureté.—Les fibres sont toujours terminées en pointe à leur deux extrémités. Leurs parois présentent des ponctuations analogues à celles des cellules et dues à la même cause, à l'incrustation. Celle-ci est généralement plus complète que dans la plupart des cellules, aussi le tissu fibreux est-il beaucoup plus tenace que le tissu cellulaire. Les fibres doivent donc être d'autant plus dures que leurs parois sont plus épaisses. C'est ce que l'on remarque dans tous les bois, qui sont exclusivement constitués par des fibres à travers lesquelles nagent quelques vaisseaux. Les bois durs ont des fibres plus incrustées que les bois mous. Le bois du printemps se formant plus vite que le bois de l'automne, est moins incrusté. Les essences forestières qui croissent dans un sol dur et sec donnent un bois plus dur que celles qui croissent dans des terrains bas et humides, à cause de la différence dans la vitesse de croissance et par suite dans l'incrustation des fibres.

Fig. 147.

Rôle des fibres dans les végétaux.—Le tissu fibreux est très répandu dans les plantes. Il constitue à peu près à lui seul le système ligneux des tiges des arbres.

Fig. 147.—*a*, fibres ligneuses ponctuées ; *b*, section transversale de l'une d'elles montrant les couches d'incrustation.

On le trouve encore dans les racines, les nervures des feuilles, les filaments des fruits et, en général, dans tous les endroits où circulent des vaisseaux. Les fibres servent à donner de la consistance aux tiges et aux rameaux ; elles sont en même temps un support nécessaire pour les vaisseaux qui sont trop longs et trop grêles pour se soutenir par eux-mêmes.

Utilité des fibres végétales dans l'économie domestique.—Ce sont elles qui fournissent toutes les matières textiles végétales. Dans le lin, la fibre utilisée provient de la partie extérieure de la tige. Le rouissage a pour effet de décomposer la matière résineuse qui cimente le tissu et de faciliter ainsi la séparation des fibres par le broyage. C'est aussi l'écorce des tiges de chanvre qui fournit la fibre textile de cette plante. On extrait encore des fibres utilisées dans l'industrie de diverses espèces d'ortie, du *Phormium tenax* ou lin de la Nouvelle-Zélande, de la ramie, etc. L'écorce du bois blanc et du chêne rouge fournit une fibre grossière utilisée pour la fabrication des cordages. Le coton provient d'une masse fibreuse qui entoure les graines du cotonnier.

ARTICLE TROISIÈME

Tissu vasculaire

Les vaisseaux sont des tubes allongés, simples ou ramifiés, à parois généralement minces. Ils dépassent les fibres en longueur mais ne s'incrustent jamais comme elles.

On en distingue plusieurs espèces, d'après la structure de leurs parois.

Vaisseaux laticifères.—Ce sont des vaisseaux ramifiés, anastomosés entre eux et formant un véritable réseau de tubes, fig. 148, dans lesquels circule un suc spécial appelé latex. Ils sont, dans le jeune âge, extrêmement petits. Pendant que les autres vaisseaux originent de cellules qui se soudent par les bouts et dont les cloisons intermédiaires disparaissent, les vaisseaux laticifères ne se forment pas aux dépens de cellules modifiées. Leur origine toutefois est assez obscure ; contrairement aux autres vaisseaux, leur paroi n'est jamais couverte de ponctuations, mais il lui arrive quelquefois de s'épaissir, jusqu'à boucher complètement le tube.

Fig. 148.

Le latex est un liquide le plus souvent coloré. Il est blanc dans le pissenlit et le réveille-matin (euphorbe), jaune dans la chélidoine, et rouge dans la sanguinaire. Il renferme souvent les principes actifs des plantes. C'est lui qui dans le pavot contient le citrate et le méconate de morphine. Dans le cotonnier *(Asclepias Cornuti)*, il renferme une substance analogue au caoutchouc.

Trachées.—La structure de ces vaisseaux est très remarquable. Leur paroi est d'une ténuité extrême et elle est soutenue par un ou plusieurs fils enroulés en spirale à l'intérieur du vaisseau et soudés intimement

Fig. 148.—Réseau laticifère de la chélidoine.

avec elle. Si on rompt une trachée dans le champ du microscope, on voit très bien une spirale qui se déroule et unit les deux fragments l'un à l'autre, fig. 149. Les trachées se terminent en pointes à leurs deux extrémités.

Fig. 149.

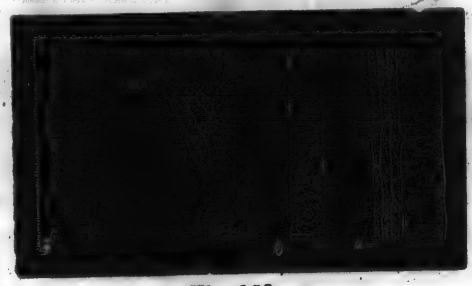


Fig. 150.

Les autres vaisseaux sont désignés généralement sous le nom de *vaisseaux ordinaires*. Ce sont les plus volumineux de tous les organes élémentaires des plantes. On peut souvent les voir à l'œil nu. On leur donne différents noms suivant leurs apparence et la nature des ponctuations qui recouvrent leurs parois. Chez les vaisseaux *ponctués*, *rayés* et *réticulés*, *a* et *b* fig. 150, ces ponctuations sont des points, des lignes transversales ou de véritables réseaux. Les vaisseaux *annulaires* ont des espèces de cercles placés à leur intérieur pour soutenir leurs parois. Les vaisseaux *mixtes* présentent successivement ces modifications en diffé-

Fig. 149.—Trachées rompues pour montrer le déroulement de la spirale intérieure.

Fig. 150. — *a*, vaisseaux ponctués et fibres ligneuses ; *b*, vaisseau annulaire et mixte ; *c*, vaisseaux rayés moniliformes ; *d*, vaisseau scalariforme.

rents points de leur longueur. Les vaisseaux *moniliformes*, *c* fig. 150, laissent voir encore chacune des grosses cellules qui leur ont donné origine ; ils rappellent l'apparence des grains de chapelet. Enfin on trouve dans les fougères des vaisseaux *scalariformes*, *d* fig. 150, qui doivent leur nom à l'analogie que présentent leurs ponctuations avec les barreaux d'une échelle. Ce sont des vaisseaux polyédriques, et leurs parois latérales sont sillonnées par des lignes transversales disposées avec une grande régularité.

Rôle des vaisseaux dans la végétation.—L'unique rôle des vaisseaux est de faciliter la circulation des liquides et des gaz à l'intérieur de la plante. Dans les végétaux supérieurs, ils constituent comme un réseau de tubes nombreux et continus, qui commencent avec la racine la plus profonde et se terminent à l'extrémité de la plus haute feuille. Le printemps, ils servent de canaux à la sève, durant l'été et l'automne, un bon nombre ne renferment plus que des gaz.

ARTICLE QUATRIÈME

Epiderme

L'*épiderme* est un organe qui recouvre toutes les parties des végétaux, excepté chez certaines plantes inférieures. Il joue le même rôle que la peau chez les animaux et sert par conséquent à protéger les tissus intérieurs du contact de l'air. Sa structure varie avec

celle des plantes, le plus parfait se trouvant toujours sur les plantes qui occupent un rang plus élevé dans le règne végétal.

Un épiderme complet renferme trois parties : 1° La *cuticule*, pellicule très mince et sans organisation apparente, qui recouvre complètement l'extérieur du derme. La cuticule constitue à elle seule l'épiderme des plantes submergées. 2° Le *derme*, composé d'une ou de plusieurs rangées de cellules aplaties, fortement liées les unes aux autres et qu'on peut enlever par grandes plaques sans les séparer. La forme des cellules dermi-

Fig. 151.

ques varie beaucoup, *a*, *b*, *c*, fig. 151. Elles présenteront, chez une plante un véritable type de parfaite régularité, et chez une autre elles seront extrêmement irrégulières. Ces cellules sont généralement remplies de gaz et ne renferment pas de protoplasma. Leurs

Fig. 151.—Lames de cellules dermiques avec les stomates, *s* ; *a*, derme du pissenlit ; *b*, derme du mil avec incrustations siliceuses ; *c*, derme à cellules polygonales irrégulières.

membranes, toutes imprégnées de silice dans plusieurs végétaux, contribuent à donner de la rigidité aux différents organes qu'elles recouvrent. 3° Les *stomates*, petites bouches d'une excessive ténuité, placées dans l'épaisseur du derme et s'ouvrant par une fente ovale, *s* fig. 151. Les deux cellules en forme de croissant qui bordent le stomate font généralement saillie au dehors. Les stomates communiquent avec les méats du parenchyme sous-jacent et servent ainsi à faciliter l'entrée ou la sortie des gaz dans les parties des plantes où on les rencontre. Il est donc important de les maintenir constamment libres. Voilà pourquoi il faut *bassiner* les plantes, les arroser en versant l'eau sur les feuilles, afin de laver les stomates qui finiraient par être obstrués par les grains de poussière.

Ce sont en général les parties vertes, feuilles, rameaux ou tiges, qui en sont pourvues, mais il est rare que les feuilles en renferment un nombre égal sur chacune de leurs faces. La face inférieure en contient généralement beaucoup plus, et l'on croit devoir attribuer à cette cause la teinte plus pâle du revers des feuilles.

Ces milliers de petites bouches s'ouvrent le jour, lorsque la plante reçoit les rayons du soleil; elles se ferment la nuit et pendant les mauvais temps.

Les *lenticelles* sont des taches grisâtres que l'on aperçoit sur l'écorce des rameaux et des tiges de certains arbres. On est porté à les regarder comme résultant du déchirement des stomates, phénomène qui met à nu les tissus intérieurs. Les lenticelles sont très visibles sur l'écorce des bouleaux, des merisiers et des cerisiers.

Rôle de l'épiderme.—Nous l'avons déjà indiqué : c'est de protéger les tissus vivants et gorgés de sucs du contact de l'air. Son enlèvement devrait donc avoir des conséquences désastreuses pour la vie des plantes. Mais heureusement, il se régénère comme la peau chez les animaux. Toutefois si on l'enlève en lames trop grandes, il peut n'être plus capable de se refaire de façon à recouvrir la blessure à temps ; la décomposition se déclarera et le végétal finira par mourir. Il faut donc éviter avec soin toute cause capable d'enlever ou de briser l'épiderme. C'est pour cette raison qu'on ne doit jamais mettre des bestiaux dans un bocage que l'on tient à conserver. Ces animaux grugent l'épiderme des jeunes arbres et les font ainsi mourir.

ORGANES APPENDICULAIRES DE L'ÉPIDERME.— *Glandes.*—Ce sont des cellules ou des masses de cellules placées à la surface du derme ou perdues dans son épaisseur, qui sécrètent certains principes particuliers. Ces cellules sont généralement très petites.

Poils.—On donne ce nom à des filaments qui sont composés soit d'une seule cellule dermique faisant saillie au dehors, soit de deux ou de plusieurs cellules accolées bout à bout. La forme, la consistance, le nombre des poils varient à l'infini. Les plantes qui n'en ont aucun sont dites *glabres*. On donne aux autres les qualificatifs de *poilues*, *soyeuses*, *cotonneuses*, *hérissées*, *pubescentes*, *velues*, *laineuses*, etc., suivant la nature des villosités qui les recouvrent.

CHAPITRE DEUXIÈME

ORGANOGRAPHIE

On peut ranger les différents organes des plantes en une double série : ceux qui servent à la nutrition et ceux qui concourent à la fructification ou à la reproduction. Nous commencerons par l'étude des premiers. Ce sont les *racines*, les *tiges* et les *feuilles*.

La distinction à faire entre la racine et la tige est très facile à établir si on examine la plante dans les premiers jours de sa germination. Un haricot mis dans le sol laisse bientôt échapper de son enveloppe deux parties différentes d'aspect, qui prennent chacune une direction opposée. L'une, chargée de deux disques verdâtres, s'élève à la surface du sol : c'est la tige avec ses premières feuilles et son premier bourgeon. L'autre se dirige vers l'intérieur du sol : c'est la racine. On nomme souvent *collet* la ligne qui marque la réunion de la tige et de la racine. Elle sert de point d'attache aux feuilles radicales. Cependant cette ligne est souvent très obscure et il devient presque impossible de la localiser d'une manière précise.

Avant d'étudier chacun de ces organes en détail, il est important de connaître les trois grandes divisions du règne végétal.

Le haricot, avons-nous dit, projette à la surface du sol deux masses vertes qui sont ses premières feuilles. Ces masses préexistent dans la graine ; on leur donne le nom de cotylédons. Un très grand nombre de plantes ont, comme le haricot, des graines pourvues de deux cotylédons. De là un premier groupe formé par les plantes *dicotylédonées*. D'autres graines n'ont qu'un seul cotylédon, ce sont celles des plantes *monocotylédonées*. Enfin quelques graines ne se composent que d'un amas de cellules sans organisation spéciale : souvent même une seule cellule forme une graine complète. Elles appartiennent à une troisième division, et les plantes qui en sortent sont *acotylédonées*.

Les différences entre ces trois groupes n'existent pas seulement dans les graines. Nous les trouverons pour ainsi dire à chaque pas dans l'étude de l'organographie et de la physiologie végétale.

ARTICLE PREMIER

Racine

La racine est l'organe qui est spécialement chargé de puiser dans le sol les substances nécessaires à la nutrition de la plante. Ce sont surtout les liquides que les racines absorbent ainsi dans le sol. Cependant une certaine quantité de gaz pénètrent dans la plante par ce chemin.

Principales espèces.—On distingue plusieurs espèces de racines suivant leur forme et leur origine.

Les racines *pivotantes* sont des espèces de cônes simples ou rameux qui s'enfoncent dans le sol. Dans la rave le pivot est simple, il est rameux dans l'érable, fig. 152. Le pivot résulte du développement de la première racine de l'embryon.

Fig. 152.

La racine *fibreuse* se compose d'un nombre plus ou moins grand de filets cylindriques réguliers. C'est la racine de l'oignon et du poireau, *a* fig. 153.

La racine est *capillaire* ou *fasciculée* lorsque les filets radicaux vont en se rétrécissant vers leur extrémité inférieure, et sont, de plus, profondément ramifiés. C'est la racine du blé, de l'avoine et, en général, de toutes les graminées, *b* fig. 153.

La racine *tubériforme* est primitivement semblable à la racine fibreuse. Mais quelques-uns des fibres radicales se gonflent en masses allongées ressemblant assez à de véritables tubercules, *c* fig. 154. Voilà pourquoi on dit que cette racine est tubériforme. Le dahlia, plusieurs espèces d'orchis, ont de ces racines. Ces racines constituent des réserves alimentaires.

Enfin certaines plantes jouissent de la propriété de produire des racines le long de leurs troncs ou de leurs

---

Fig. 152.—Racines pivotantes, *a*, simple, *b*, rameuse.

rameaux, par exemple, le fraisier. Ces racines sont appelées *adventives*. C'est dans les climats tropicaux surtout, là où la végétation est extrêmement active, que vivent la plupart des grandes plantes à racines adventives.

Les plantes grimpantes, comme le lierre, émettent de place en place des racines appelées *crampons* ou *suçoirs* qui se fixent sur les corps voisins et servent en même temps à puiser les substances assimilables qu'elles peuvent y rencontrer.

Fig. 153.

Le corps radical porte toujours un nombre plus ou moins considérable de racines plus déliées, appelées *radicelles*, tout spécialement chargées de puiser dans le sol les substances nutritives qu'il renferme. L'ensemble de ces radicelles constitue ce qu'on appelle le *chevelu* des racines. Le chevelu est peu développé dans un sol riche ; les racines, en effet, trouvent abondamment les sucs dont la plante a besoin, et un petit nombre suffisent

Fig. 153.—*a*, Racine fibreuse du poireau ; *b*, racine capillaire ; *c*, racine tubériforme d'une orchis.

pour la nourrir. Il l'est beaucoup plus chez les plantes qui végètent dans une terre maigre et pauvre.

Structure anatomique des racines.—L'extrémité des radicelles est occupée par une masse cellulaire à laquelle on a donné le nom de *spongiole*.

La spongiole est recouverte à sa partie inférieure par une ou plusieurs lames également cellulaires et qui constituent la *coiffe* de la racine. Le rôle de cette membrane est de protéger la spongiole proprement dite qui est très délicate et qui doit labourer le sol, poussée qu'elle est en avant par la croissance du corps radical.

Immédiatement au-dessus de la spongiole est la zone de croissance, c'est-à-dire celle où se fait surtout l'allongement de la racine. Cette partie, relativement courte, est limitée en montant par la zone des poils absorbants. Ces poils, analogues à ceux que l'on trouve sur les feuilles, sont disposés autour de la racine. Ils constituent comme une brosse circulaire enveloppant toute la racine en ce point. A mesure que la racine s'allonge, de nouveaux poils se forment en dessous de l'assise pileuse, et les poils les plus anciens se mortifient et disparaissent. C'est au-dessus de ces poils que se produit la ramification des racines, et cela suivant des lois encore mal connues. On sait seulement que la tendance des racices à se diriger vers le centre de la terre est de moins en moins marquée, à mesure que les ramifications se multiplient.

Comme les tiges, les racines sont composées de bois et d'écorce. Entre ces deux zones se trouve un tissu cellulaire très actif, qui est le siège du développement latéral des racines.

Rôle des racines.—La fonction des racines est double. Elles servent à la fois à nourrir la plante et à la fixer au sol. 1° Les racines puisent dans le sol tous les aliments liquides que l'on trouve dans les plantes. Cette absorption se fait par les poils. Et comme ces organes sont complètement clos, les liquides ne peuvent y pénétrer que par endosmose. C'est dire que les substances solides, quelque ténues qu'elles soient, ne pénètrent jamais dans une racine saine. Mais en revanche, tous les liquides sont absorbés suivant une proportion qui dépend de leur fluidité par rapport au liquide cellulaire, et de la dépense qu'en fait la plante. Les racines absorbent aussi beaucoup de gaz, et les plantes qui végètent dans un sol bien aéré se développent mieux que celles qui poussent dans un sol trop lourd. De là la double utilité du drainage : *égouter* et *aérer* le sol.

Ce premier rôle des racines rend compte du fait que ces organes se dirigent toujours du côté où le sol est le plus riche. Un arbre planté sur la ligne de séparation d'un sol riche et d'un sol pauvre, enverra ses racines presque exclusivement du côté du premier.

C'est au même titre d'agents nourriciers joué par les racines, qu'on doit mentionner les véritables réservoirs d'aliments féculacés que renferment quelques-unes d'entre elles, les racines tubériformes entre autres. C'est là que la plante puise les sucs qui la font végéter avec activité le printemps, avant même que les racines qui devront la nourrir plus tard aient fait leur apparition. Aussi ces espèces de tubercules ne tardent-ils pas à se dessécher à mesure que la plante en enlève les substances amilacées qu'ils renfermaient.

2° Les racines servent encore à fixer la plante au sol. Voilà pourquoi, en règle générale, on trouve un rapport d'égalité de dimension entre les branches des arbres et leurs racines. Voilà de plus ce qui explique pourquoi les arbres qui poussent en pleine forêt et qui se trouvent protégés contre les vents par leurs voisins, ont des racines moins développées que ceux qui poussent isolés dans les plaines ou sur les collines.

Cependant cette règle offre plusieurs exceptions. Il y a des plantes à tiges très courtes dont les racines sont très longues ; la luzerne, par exemple. D'autres, comme quelques cactus, ont des racines rudimentaires qui servent cependant de support à des tiges de grande dimension.

Bouturage et marcottage.—Avant de quitter le chapitre des racines, nous devons dire un mot du bouturage et du marcottage, deux opérations qui ont pour but de faire produire des racines à un rameau qui n'en a pas.

Dans le bouturage, on commence par séparer complètement la *bouture* de l'individu qui l'a produite, et par des soins convenables on lui fait pousser les organes qui lui manquent. Dans les cas les plus ordinaires, ce sont les racines qui n'existent pas et qui se développent. Ce sont donc des racines adventives dont on provoque la naissance sur la bouture.

Les précautions à prendre pour assurer la réussite de la bouture, reviennent à la conserver dans le meilleur état de vie possible jusqu'à l'apparition des racines. Comme ce phénomène est quelquefois lent à se produire, il faut que la plante puisse, dans l'intervalle,

absorber facilement la nourriture qui lui est nécessaire. Aussi pour l'empêcher de se dessécher maintient-on constamment humide le sol où elle a été enfoncée. De plus, il faut lui enlever toutes ses feuilles, sauf deux ou trois, et la recouvrir d'une cloche opaque qui diminue la transpiration. Pour hâter le développement des racines, il est encore convenable de choisir un sol tiède et de faire les boutures sur couches avec châssis. Et comme les racines adventives se développent surtout aux points d'insertion des feuilles, on en enfonce deux ou trois dans la terre.

Quelques arbres, comme les saules, se bouturent avec une grande facilité. Pour d'autres, l'opération est beaucoup plus difficile. Alors on a recours au *marcottage*.

Cette opération consiste à entourer avec de la terre humide une portion du rameau que l'on laisse attaché au tronc, soit que l'on couche la branche en terre ou qu'on l'entoure d'une enveloppe quelconque remplie de terre. Les racines adventives se produisent, la croissance devient bientôt plus rapide, et l'on peut séparer alors la branche de l'arbre.

Le mode de reproduction usité pour la pomme de terre n'est en réalité qu'un bouturage.

ARTICLE DEUXIÈME

—

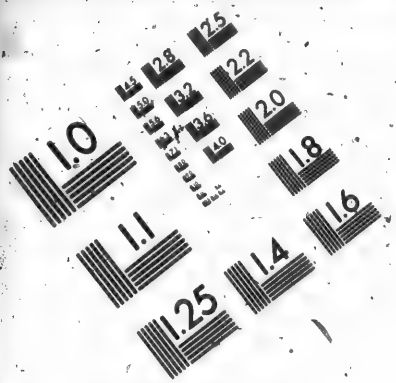
Tige

La tige est cette partie du végétal qui porte les feuilles et les fleurs, et qui, régulièrement, se développe de bas en haut.

La tige revêt une foule de formes différentes. Trois d'entre elles sont assez constantes pour avoir reçu des noms. Ce sont : le *chaume*, tige ligneuse ou herbacée, fistuleuse ou pleine, avec nœuds. Ceux-ci servent toujours de points d'attache à des feuilles engainantes (maïs). Le *stipe*, rarement ramifié, cylindrique, terminé à son sommet par une touffe de feuilles (palmier). Le *tronc*, tige lignense, conique, ramifiée, ayant une écorce parfaitement distincte et séparable ; c'est la tige de nos essences forestières.

Relativement à la consistance, on partage les tiges en *herbacées*, *ligneuses* et *semi-ligneuses* ou *fruticqueuses*. Telles sont les tiges des herbes, des arbres et des arbrisseaux comme le rosier et le framboisier.

Les directions qu'elles affectent les font appeler *sarmenteuses*, lorsqu'elles se soutiennent sur les corps voisins par la torsion ou à l'aide de vrilles. La torsion, déterminée par une croissance inégale des deux côtés de la tige, se fait à peu près toujours dans le même sens pour une même espèce de plantes. La plupart de ces tiges s'enroulent de gauche à droite, elles sont *dextrosum volubiles* (haricot), quelques-unes cependant sont *sinistrorsum volubiles* (houblon). Les



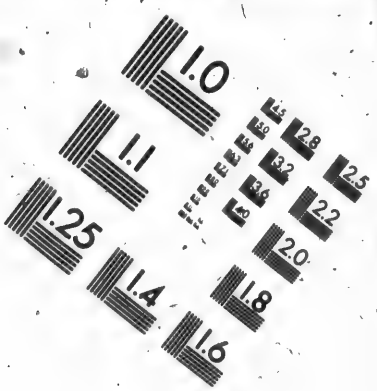
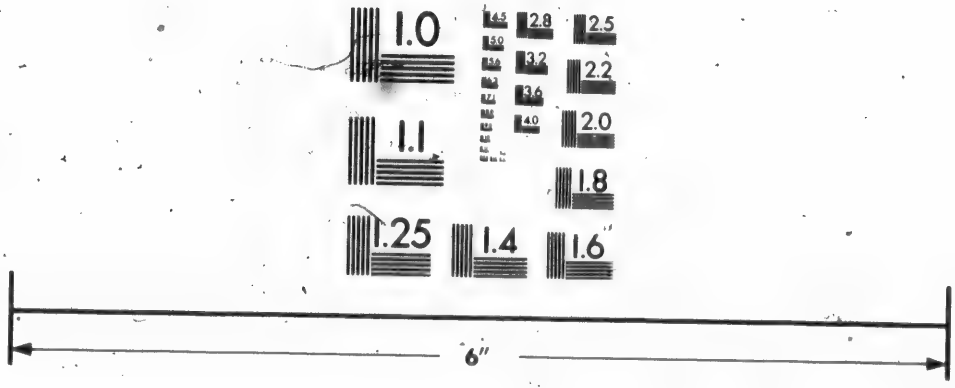
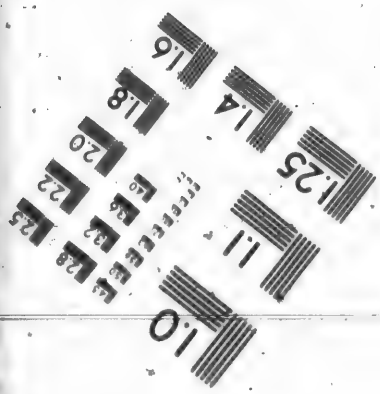
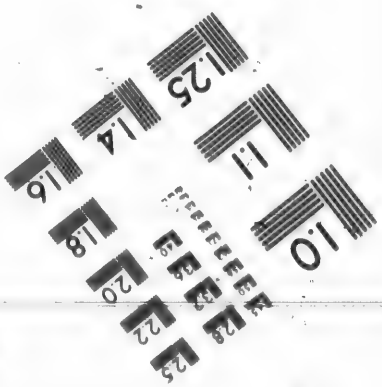


IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)

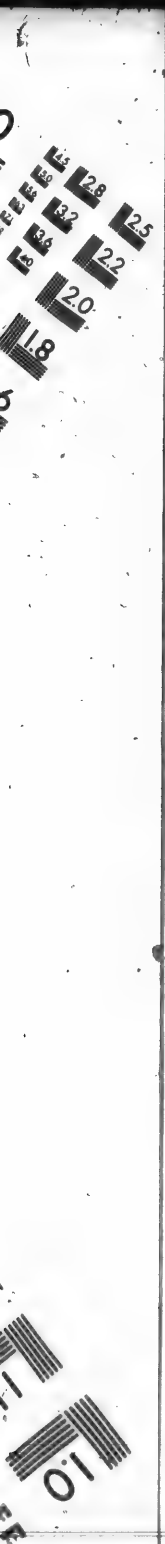






Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503


2.8
2.5
3.2
2.2
3.6
2.0
4.0
1.8
1.1
1.0

tiges *grimpantes* se fixent sur les corps voisins à l'aide de crampons (lierre). Les crampons du lierre sont des racines adventives. Au moment où elles touchent le support, elles sécrètent une espèce de gomme qui se durcit et fixe solidement la tige. Les tiges qui courent à la surface du sol et émettent latéralement des rameaux de distance en distance, sont dites *stolonifères* (fraisier).

Tout ce que nous venons de dire s'applique aux tiges aériennes. Quelques-unes restent sous terre. Les principales sont les suivantes :

Rhizôme.—Tige s'allongeant horizontalement sous le sol, à une faible distance de la surface, et émettant chaque année des racines adventives, destinées à assurer

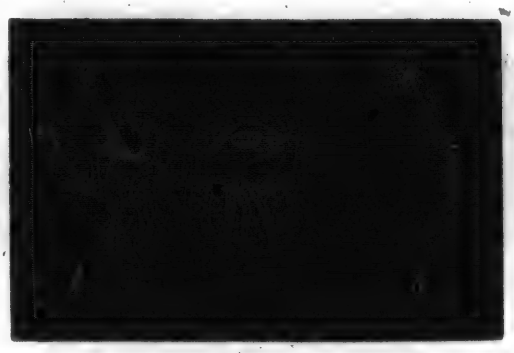


Fig. 154.

la nutrition de la plante, et produisant des feuilles avec des fleurs et des fruits. Telles sont les tiges de l'iris et du sceau-de-Salomon, (fig. 154, *b*).

Fig. 154.—*a*, tubercule ; *b*, rhizôme du sceau-de-Salomon.

Tubercules.—Ren
sur les tiges souterr
de terre et de quelq
ont à leur surface de
appelées yeux. Ce
développeront au p
quelques espèces de
(fig. 154, *a*).

Bulbes.—Ces tiges
des disques aplatis.
nombreuses racines

Fig. 155.

supérieure est recouver
sont autre chose que la
s'épanouissent en verdi
écailles constituent la
Cependant il peut arriv

Fig. 155.—Bulbe à tuniq
Fig. 156.—Bulbe écaille
Fig. 157.—Bulbilles du

Tubercules.—Renflements amilacés que l'on trouve sur les tiges souterraines filamenteuses de la pomme de terre et de quelques autres plantes. Les tubercules ont à leur surface des cavités plus ou moins prononcées, appelées yeux. Ce sont des bourgeons latents qui se développeront au printemps. La pomme de terre, quelques espèces de convulvolus ont des tubercules, (fig. 154, *a*).

Bulbes.—Ces tiges souterraines sont réduites à l'état des disques aplatis. Au-dessous viennent s'insérer de nombreuses racines fibreuses ; tandis que la partie

Fig. 155.

Fig. 156.

Fig. 157.

supérieure est recouverte d'écailles succulentes qui ne sont autre chose que la partie inférieure de feuilles qui s'épanouissent en verdissant à la surface du sol. Ces écailles constituent la partie importante des bulbes. Cependant il peut arriver qu'elles demeurent sèches et

Fig. 155.—Bulbe à tunique de l'oignon.
Fig. 156.—Bulbe écailleux du lis.
Fig. 157.—Bulbilles du martagon.

papyracées ; alors le plateau arrondie constitue le bulbe à lui seul. On a alors une bulbe *solide*, comme dans le safran. Si chacune des écailles enveloppe complètement la partie centrale, la bulbe est dite à tunique, fig. 155 ; ces plantes ont toujours des feuilles engainantes. Si les écailles sont petites et imbriquées, le bulbe est écailleux, fig. 156.

Les *bulbilles* sont de véritables bulbes sans racines, qui se développent le long des tiges, à l'aisselle des feuilles, fig. 157.

Structure générale des tiges.—Les plus importantes à étudier à ce point de vue sont les tiges ligneuses dicotylédonées, monocotylédonées et acotylédonées.

Structure des tiges dicotylédonées ligneuses.—Une coupe transversale laisse voir, en dehors, une enveloppe brune, spongieuse qui est l'écorce ; en dedans, une double formation ligneuse constituée par un ensemble de couches concentriques plus ou moins nombreuses ; la zone intérieure est plus foncée, plus dure que l'extérieure. Enfin, tout à fait au centre, dans les jeunes tiges, se trouve un tissu cellulaire très lâche qui est la moelle, *a* fig. 155. Nous allons étudier rapidement chacun de ces tissus.

Ecorce.—Une écorce parfaite renferme quatre parties.

1° L'*épiderme*, qui n'offre rien de particulier et ne se trouve que sur les jeunes tiges.

2° Le *suber* ou *liège*.—Couche composée de cellules brunes, sans granulations et assez intimement unies entre elles. La consistance du suber varie d'une plante à l'autre. Il s'effeuille en lamelles très minces

dans le bouleau, vu qu'il résulte de la superposition de lames de cellules différentes de volume et de consistance. Il forme une masse homogène et dure dans le hêtre et le sapin. Quelquefois il a l'apparence de grandes plaques qui se détachent facilement (pin et épinette). Alors on l'appelle plus spécialement *écorce sèche.*

Fig. 158.

C'est le suber qui prend un grand développement dans le chêne-liège et fournit le liège du commerce. Un même individu peut donner une dizaine de récoltes qui se font une fois tous les huit ans. Les dernières levées donnent un produit bien supérieur aux premières.

3° La *couche herbacée*, ainsi appelée, parce que les cellules qui la composent renferment de la chlorophylle. Elle n'existe pas dans les vieilles tiges.

4° Le *liber*.—C'est la partie fibreuse de l'écorce. Elle est tout à fait à l'intérieur et joue un rôle très important dans la végétation. Anatomiquement le liber résulte de feuillets tubuleux, superposés les uns

Fig. 158.—Sections transversales des trois espèces de tiges ligneuses ; *a*, tige dicotylédonée de quatre ans ; *b*, portion de tige monocotylédonée ; *c*, tige acotylédonée.

aux autres. On peut quelquefois les isoler par une macération prolongée. Alors ces feuillets de liber se séparent absolument comme ceux d'un livre. Chacun d'eux résulte de fibres accolées latéralement. Si celles-ci se touchent dans toute leur longueur, les feuillets sont continus; si elles ne sont soudées les unes aux autres que de place en place, ces feuillets du liber ressemblent à une fine dentelle, d'une régularité remarquable *(laghetto lintearia)*.

Le liber exposé à l'air se détruit le plus souvent. Et comme il est absolument nécessaire à la végétation, il faut prendre grand soin de préserver cette partie des tiges du contact de l'air.

A part le liège dont nous avons parlé plus haut, les écorces fournissent encore à l'industrie et à la médecine une foule de produits très précieux. Mentionnons, entre autres, l'acide tannique employé pour le tannage. L'écorce de pruche qui est à peu près la seule en usage au Canada, renferme de 10 à 12 pour cent d'acide tannique lorsqu'elle est fraîche. Les écorces de merisier, de chêne, de sumac, de bouleau, renferme le même acide, mais en moindre quantité.

Bois.—Une section longitudinale d'une tige dicotylédonée ligneuse laisse voir une série de cônes très aigus, le plus souvent ramifiés, emboîtés les uns dans les autres. On remarque de plus que, pris dans son ensemble, la formation ligneuse est en général plus dure et plus foncée au centre qu'à la périphérie. De là la distinction que l'on fait entre le *duramen* ou *cœur du bois* et l'*aubier*.

La différence de dureté que présentent ces deux zones

provient de plusieurs causes. Les couches de l'aubier sont toujours plus jeunes que les couches du duramen. Elles servent de passage à la sève ascendante ; aussi se gorgent-elles chaque année de principes nutritifs destinés à enrichir la sève du printemps. Les fibres du duramen sont plus complètement incrustées, elles prennent donc une coloration plus foncée et acquièrent une dureté plus grande. De plus, il n'est pas rare que certains principes colorants les baignent complètement et modifient leur teinte encore davantage.

Dans les bois blancs, tilleul, bouleau, pin, la distinction apparente entre l'aubier et le duramen est à peu près inappréciable à l'œil, cependant elle existe toujours, et les larves d'insectes qui attaquent les bois s'y logent de préférence, vu que c'est là surtout qu'elles rencontrent la nourriture qu'elles recherchent.

Chaque année se forme une couche d'aubier entre le bois et l'écorce, et, en même temps, la plus ancienne couche d'aubier se change en duramen. Cependant l'époque à laquelle commence cette transformation de l'aubier varie avec les différentes espèces. Après quarante ans, le bois du frêne est encore à l'état d'aubier, celui du hêtre se transforme en duramen après trente-cinq ans, celui du chêne après quinze ou vingt ans.

La masse du bois se compose de fibres et de vaisseaux. Cependant on y trouve aussi des agglomérations de cellules disposées toujours avec une régularité remarquable et qui doivent à leur orientation et à leur rôle physiologique le nom de *rayons médullaires*. Ce sont des lames celluleuses, minces, étroites et allongées,

qui s'insinuent entre les faisceaux fibreux et se dirigent de la moelle vers l'écorce, fig. 159. Elles servent à faire communiqer transversalement les différentes parties de la tige. Dans une section longitudinale, ces lames celluleuses ont l'apparence de plaques nacrées, de dimensions variables. Ce sont elles qui contribuent souvent pour une large part à donner aux différents bois employés dans l'ébénisterie leurs apparences caractéristiques. Dans le chêne, les rayons médullaires sont très larges, ils sont très étroits dans l'érable et le hêtre.

Fig. 159.

Moelle.—Cylindre cellulaire placé dans l'axe de la tige. La moelle est renfermée dans un tube appelé *étui médullaire* qui n'est que la couche de bois la plus ancienne. C'est la seule partie ligneuse de ces tiges qui renferme des trachées déroulables. Le printemps la moelle est succulente, mais, à mesure que la saison avance, les sucs qu'elle renfermait se distribuent dans la tige, et, à la fin de l'été, elle est complètement sèche. Dans les grosses tiges ligneuses la moelle finit presque toujours par disparaître. Elle se résorbe et le centre de la tige devient ligneux comme le reste.

Fig. 156.—Coupe transversale et longitudinale d'un rayon médullaire.

Structure des tiges monocotylédonées ligneuses.— Ces tiges ont une structure toute différente des précédentes. Elles n'ont pas de couches concentriques ; elles sont le plus souvent sans ramifications, et affectent la forme cylindrique plutôt que conique ; l'écorce ne peut pas être séparée du bois, et ce dernier est plus dur à l'extérieur qu'au centre, *b* fig. 158.

Ecorce.—Ces tiges ont bien une véritable écorce, mais qui diffère complètement de l'écorce des tiges dicotylédonées. Ce n'est plus une série de feuillets fibreux et cellulaires superposés, mais une masse de cellules dans laquelle on rencontre de nombreux faisceaux vasculaires distribués comme sans ordre et au hasard. De plus, comme ces faisceaux proviennent du ligneux des tiges, ils unissent intimement l'écorce au bois, et il devient impossible de séparer ces deux tissus l'un de l'autre sans les briser.

Bois.—Le corps ligneux se compose lui aussi d'une masse de cellules dans laquelle sont distribués des faisceaux ligneux. Ces derniers sont en bien plus grand nombre à la circonférence qu'au centre. Il suit de là que la partie dure, le cœur de ces tiges, est placée en dehors, et la partie molle, correspondant à l'aubier, en dedans. Il est très facile de constater cette disposition sur une section transversale d'une tige de palmier. Une tige d'asperge, bien qu'herbacée, présente une section transversale absolument semblable. Quelquefois, grâce à un développement trop rapide, le tissu cellulaire axial se déchire, les fragments s'accolent au tissu plus résistant de la périphérie et la tige devient fistuleuse.

La direction des faisceaux ligneux de ces tiges est

très remarquable. Au lieu de se diriger verticalement de bas en haut, ils affectent la forme d'arcs de cercles légèrement gonflés vers le haut et dont la convexité est tournée vers le centre de la tige. La partie ligneuse de ces tiges n'est guère employée en ébénisterie, précisément à cause de l'étroitesse des planches qu'on en peut tirer et de leur peu de régularité.

Structure des tiges ligneuses acotylédonées.—Nous prendrons pour type de ces tiges, celle des fougères arborescentes.

A l'intérieur, on rencontre une masse d'un brun foncé, très spongieuse et ressemblant à de la tourbe desséchée. C'est le tissu qui joue le rôle de l'écorce. La surface présente ou bien des cicatrices, ou bien de gros faisceaux vasculaires faisant saillie au dehors. Les cicatrices sont des empreintes laissées par chacune des feuilles mortes, et les faisceaux sont les bases des frondes ou feuilles, qui persistent sur les tiges après que la partie verte en est disparue.

A l'intérieur, on trouve un stipe tantôt creux et tantôt plein, dont la dureté est plus grande à la circonférence qu'au centre. Une section transversale présente une masse grisâtre de cellules, sillonnée de lignes noires bizarrement contournées, mais se répétant cependant avec une certaine régularité autour de la tige, *c* fig. 159. Ces lignes noires constituent, à proprement parler, le bois. Chacune d'elles résulte de la section d'une double lame ligneuse qui s'étend depuis le bas jusqu'au sommet de la tige. Ces lames s'accolent latéralement les unes aux autres, de manière à former un tube continu à l'intérieur de la tige. Mais cependant cette soudure laté-

rale ne se produit pas au point d'insertion des feuilles. A part ces lames, se voient encore des faisceaux irréguliers, disséminés à l'extérieur ou à l'intérieur du tube ligneux et anastomosés entre eux. Anatomiquement ces lames se composent de fibres à parois très épaisses et fortement colorées. L'espace qui les sépare est rempli

Fig. 160.

de vaisseaux scalariformes, de cellules polyédriques et autres organes élémentaires.

Tiges anomales.—Les tiges ligneuses, soit dicotylédonées, soit monocotylédonées, ne se développent pas toujours aussi régulièrement que nous venons de le supposer. Plusieurs anomalies se produisent surtout chez les lianes et les autres végétaux à tige grimpante. Nous en reproduisons ici, fig. 160, quelques sections qui suffiront à donner une idée de ces tiges souvent fort bizarres.

Fig. 160.—Tiges anomales : *a*, tige de sapindacée ; *b*, tige de *Menispermum* ; *c*, tige de *Bauhinia*.

ARTICLE TROISIÈME

—

Organes appendiculaires des tiges

BOURGEONS.—Les bourgeons proprement dits sont de petites masses ovoïdes dont l'extérieur est presque toujours recouvert d'écailles imbriquées, fig. 161, ou d'une pellicule homogène qui les enveloppe complètement. Au centre est un petit rameau ou mieux une protubérance celluleuse, laquelle se développera plus tard et formera le nouveau rameau avec ses feuilles et ses fleurs. Les bourgeons se forment le plus souvent à l'aisselle des feuilles. Ils apparaissent sous formes de masses cellulaires qui se forment d'abord entre le bois et l'écorce. Ils ne tardent pas à percer cette dernière et à venir faire saillie au dehors. Puis les écailles se complètent et les bourgeons sont prêts à produire les branches qui devront en sortir.

Fig. 161.

Les écailles sont le plus souvent des organes avortés, feuilles ou parties de feuilles. Leur rôle est de protéger la plantule centrale contre les intempéries des saisons. Voilà pourquoi, dans plusieurs arbres, on les trouve imprégnées de gomme (peuplier baumier), ou garnies de duvet (saule).

On dit que les bourgeons sont *florifères*, *foliifères* ou *mixtes* suivant que le scion intérieur portera des fleurs, des

Fig. 161.—Bourgeons terminal et latéraux de l'érable.

feuilles ou ces deux organes à la fois. Les premiers sont toujours plus arrondis et les seconds plus aigus. Les bourgeons mixtes ont des formes qui tiennent le milieu entre ces deux extrêmes. Comme les bourgeons se forment toujours une année à l'avance et qu'ils existent déjà sur les rameaux lors de la chute des feuilles, il est facile de prévoir dès l'automne, si les arbres fruitiers auront ou n'auront pas de fleurs le printemps suivant.

La disposition des feuilles dans le bourgeon porte le nom de *préfoliation*. Elle est invariable pour chaque espèce et peut constituer quelquefois un excellent caractère spécifique. Elle est *conduplicée* quand la feuille est pliée en deux, moitié sur moitié (chêne); elle peut être plissée en éventail (groseillier); quelquefois les bords sont roulés en dehors (oseille), ou roulés en dedans (peuplier); dans la fougère la feuille est roulée en crosse au moment du développement.

Turion.—C'est un bourgeon souterrain. Il ne diffère du bourgeon ordinaire que par sa position, son volume et sa consistance, fig. 162. Il est toujours plus volumineux et plus succulent que le bourgeon ordinaire.

Fig. 162.

Fig. 162.—Turion d'asperge.

ARTICLE QUATRIÈME

—

Greffe

Il est quelquefois possible de faire développer un rameau ou un bourgeon en le séparant de l'individu qui l'a produit, pourvu qu'on l'insère sur un autre de telle manière qu'il puisse vivre aux dépens des sucs de ce dernier. Cette opération s'appelle *greffe*. Le bourgeon ou le rameau que l'on transporte est la *greffe*, et l'individu sur lequel on le fixe porte le nom de *sujet*.

Plusieurs conditions sont nécessaires pour la réussite de la greffe. Il faut d'abord mettre à l'abri de l'air les parties vitales de la greffe et du sujet, de manière à éviter toute altération capable de les détruire. En outre une certaine ressemblance d'organisation est également nécessaire ; on greffe facilement espèce sur espèce, plus difficilement genre sur genre, mais jamais la greffe ne réussit entre des plantes de familles différentes. Enfin, il faut réaliser aussi parfaitement que possible le contact des tissus dans lesquels se fait le développement organique de la greffe et du sujet, de telle sorte que les sucs nutritifs puissent passer facilement et en abondance de l'un dans l'autre. C'est donc la partie interne de l'écorce, siège principal de la vie des tiges, comme nous le verrons plus tard, qu'on doit faire communiquer ensemble. Ajoutons qu'il faut faire la greffe au moment où le sujet et la greffe sont à une même phase de végétation.

La greffe exerce une influence très marquée sur les fruits des arbres. Elle les améliore. Et de fait, tous les

arbres fruitiers doivent la qualité de leurs fruits aux greffes multipliées auxquelles ils ont été soumis. On dirait qu'il se forme au point de soudure de la greffe et du sujet, comme un réseau qui gêne la sève dans sa circulation et ne laisse passer que la partie la plus riche, destinée surtout au développement du fruit. Aussi les arbres greffés sont-ils toujours moins forts en bois, plus petits en dimensions, moins vigoureux et moins robustes; mais, en revanche, leurs produits sont bien supérieurs.

Il y a plusieurs manières de greffer. On peut lier ou souder deux branches l'une à l'autre, ou bien greffer un rameau ou un simple bourgeon sur le sujet, ou encore fixer plusieurs greffes différentes sur un même sujet. Toutes ces opérations sont plus spécialement du ressort de l'horticulture, nous les laisserons de côté.

ARTICLE CINQUIÈME

—

Feuille

Les feuilles sont des expansions latérales des tiges. Elles sont le plus souvent planes et de couleur verte. A la base, elles ont toujours un contour très simple, mais à mesure que l'on atteint des niveaux plus élevés, leur apparence varie. Leur contour se découpe, leur couleur même se modifie, et, dans la fleur, elles revêtent des formes tellement étranges qu'on éprouve de la

difficulté à regarder les différents verticilles floraux comme n'étant composés que de feuilles modifiées.

Parties de la feuille.—Le disque plan qui constitue la partie principale de la feuille, est appelé *limbe*. Le support retréci qui unit le limbe au rameau est le *pétiole*, fig. 163. Si le pétiole fait défaut et que le limbe soit porté directement par le rameau, la feuille est dite

Fig. 163.

sessile. En général on donne ce qualificatif à tout organe qui n'a pas le support qu'il devrait naturellement avoir.

La *gaine* est un étui placé à la base du pétiole et qui entoure le rameau sur une longueur variable, *c*, *d*, fig. 164. Quelquefois la gaine est le résultat de l'épanouissement du pétiole lui-même, comme dans la carotte. Ailleurs, comme dans le maïs, le blé, la gaine est formée par l'enroulement du limbe autour de la tige.

Fig. 163.—*b*, feuilles d'érable, pétiole articulé et limbe; *a*, feuille peltée.

Enfin, il peut arriver que la gaine soit remplacée par deux petites folioles vertes placées à la base du pétiole et soudées avec lui ou avec le rameau, *a*, *b*, *c*, fig. 161. Ce sont des *stipules*, leur présence ou leur absence constitue un excellent caractère spécifique.

Fig. 164.

Nervation.—La manière dont les différents faisceaux vasculaires du pétiole se distribuent dans le limbe constitue la nervation des feuilles. Parmi les différentes nervures, il y en a généralement une qui est plus apparente que les autres et qui occupe à peu près le milieu de la feuille, c'est la nervure *médiane*, les autres sont les nervures *latérales*.

Fig. 164.—*a*, feuille de rosier, stipulée ; *b*, *c*, formes diverses de stipules ; *d*, feuille engainante, gaine entière ; *e*, gaine fendue, ligule.

De la distribution des nervures on peut tirer des caractères qui, sauf deux ou trois exceptions, font distinguer du premier coup d'œil les dicotylédones des monocotylédones. Dans les premières, les nervures sont fortement ramifiées et courent en tous sens dans le limbe. Dans les secondes, les nervures restent sensible-

Fig. 165.

ment parallèles. Il est facile de se convaincre de la généralité de cette loi en comparant la feuille de l'un quelconque de nos arbres à feuilles caduques (dicotylédone) avec celle du maïs ou d'une autre graminée (monocotylédone).

La disposition des nervures dans le limbe est très

Fig. 165.—Types de nervations des feuilles ; *a*, *d*, feuilles penninerves ; *b*, feuille úninerve ; *c*, feuille curvinerve.

variable. Elle peut cependant se rapporter à quatre types principaux.

Le cas le plus simple est celui d'une nervure unique, médiane, qui ne se ramifie pas : la feuille est *uninerve*. C'est le cas pour la plupart des conifères, pin, sapin, épinette, *b* fig. 165. Le limbe reste très étroit et la feuille est *aciculaire*. Il n'est pas rare que ces feuilles soient réunies deux à deux ou en groupe plus nombreux ; on dit alors qu'elles sont *fasciculées*.

Ailleurs la nervure médiane se ramifie. Elle forme de chaque côté des nervures secondaires qui s'insèrent sur elle comme les barbes sur le tuyau d'une plume, *a* fig. 165. La nervation est *pennée* et la feuille est penninerve (tilleul, orme, merisier).

Si le pétiole, au point où il s'attache au limbe, s'épanouit en un nombre impair de nervures divergentes, dont l'une est médiane et dont les autres vont décroissant en dimension de chaque côté comme les doigts de la main, la nervation est *palmée* et la feuille *palminerve* (érable, vigne), *b* fig. 160. Le développement plus ou moins considérable, plus ou moins régulier de ces nervures latérales donne à la feuille un nombre très considérable de formes différentes.

Enfin, si au sortir de la tige ou de la gaine, un certain nombre de nervures, dont une un peu plus forte et médiane, cheminent parallèlement les unes aux autres, de la base du limbe au sommet, la nervation est *parallèle* et la feuille est *rectinerve* (graminées, narcisse, jacinthe). Le limbe s'allonge alors souvent en forme de ruban, *e* fig. 164. La feuille est *curvinerve*, quand

les nervures sont arquées en dedans et se réunissent au sommet, *c* fig. 165.

Découpures du limbe.—Nous avons dit plus haut que la distribution des nervures avait une grande influence sur la forme du limbe, elle en a une non moins grande sur l'allure de la ligne qui le limite. Quelquefois le bord du limbe est convexe en tous points, sans aucune trace d'angles rentrants : limbe *entier* (lilas, nénuphar), *a*, *c* fig. 165.

Dans le cas d'une feuille à nervation pennée, le contour peut n'entrer que faiblement entre les nervures latérales, en découpant autour de leurs sommets ou des arcs de cercles ou des dents aigues ; le limbe est *crénelé* dans le premier cas (pensée), *denté* dans le second (hêtre, rosier), *a* fig. 164. S'il entre jusqu'au milieu de la longueur des nervures latérales, les dents profondes qui en résultent sont des *lobes* et le limbe est *lobé* (chêne, érable), *d* fig. 165. Si la division rentre jusqu'au voisinage de la nervure médiane, le lobe devient une *partition* et le limbe est *partit* (coquelicot). Enfin si elle atteint la nervure médiane, chaque lobe devient un *segment* et le limbe est *sequé* (aigremoine).

Pour exprimer d'un seul mot le mode de nervation du limbe et son mode de découpure, on dira que la feuille est *pennidentée*, *pennilobée*, *pennipartite*, *penniséquée*, *palmidentée*, *palmilobée*, *palmipartite*, et *palmiséquée*.

On dit encore qu'une feuille est *disséquée* lorsque le limbe est réduit à peu près exclusivement à ses nervures (mille-feuilles), *laciniée* quand le limbe est lobé irrégulièrement (pissenlit).

Feuilles simples et composées.—Le pétiole produit souvent de chaque côté une série de pétioles secondaires terminés chacun par un limbe. Chacun de ceux-ci avec son pétiole est une *foliole*, et alors la feuille est dite composée. Ces pétioles secondaires peuvent à leur tour se ramifier une deuxième et troisième fois, leurs ramifications étant toujours terminées par une foliole. De là la distinction de feuilles *simples*, *composées*, *décomposées* et *surdécomposées*, suivant qu'il y a un, deux, trois ou quatre systèmes de pétioles.

Si les pétioles s'échelonnent en deux rangées le long du pétiole primaire, la ramification est *pennée* et la feuille est *composée pennée*, *a* fig. 166, *bipennée* ou

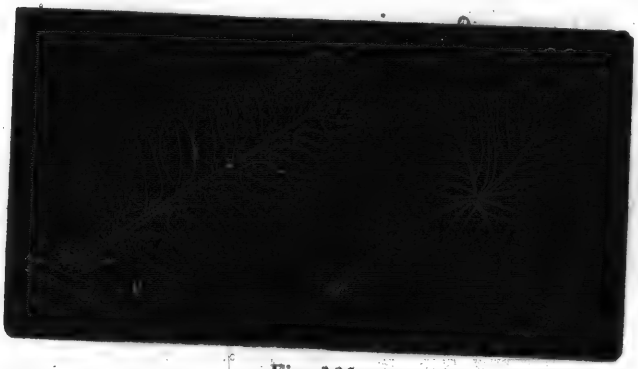


Fig. 166.

tripennée. Si les folioles naissent par paires à la même hauteur, la feuille est *oppositipennée*, autrement elle est *alternipennée*.

Fig. 166.—*a*, Feuille composée pennée ; *b*, feuille composée palmée (fraisier).

Si les pétioles secondaires, insérés tous au même point, divergent en décroissant de taille à droite et à gauche à partir du prolongement du pétiole primaire, la feuille est *composée palmée*, *b* fig. 166. Elle peut, comme la feuille composée pennée, avoir deux ou trois séries de pétioles.

Structure anatomique de la feuille.—L'ensemble de la feuille, limbe, pétiole et gaine, est recouvert par une lame d'épiderme, dont le rôle est de protéger, contre le contact de l'air, les liquides vivant du tissu intérieur. Cet épiderme est criblé de stomates, surtout sur le revers des feuilles. De plus, il porte très souvent des poils, dont le nombre, la structure, la consistance varient d'une plante à l'autre.

Le gros faisceau fibro-vasculaire qui constitue le pétiole se distribue dans le limbe en un nombre très grand de ramifications. Ce sont les nervures des feuilles. Ces nervures, dont nous avons vu plus haut la disposition générale, constituent un réseau à mailles très serrées, dans lequel circulent les liquides nutritifs encore imparfaitement élaborés et qui demandent le contact avec l'air pour devenir assimilables.

Un parenchyme très délicat, gorgé de chlorophylle, remplit les espaces laissés libres par les nervures. Ce tissu présente une consistance bien différente, suivant qu'on l'examine du côté supérieur ou du côté inférieur de la feuille. Du côté supérieur, les cellules sont généralement allongées, pressées les unes contre les autres, et constituent ce qu'on a appelé le *tissu en palissades*. Sur le revers au contraire, les cellules sont très irrégulières de forme, et disposées de façon à laisser entre

elles de vastes et nombreux méats, fig. 167. Il en résulte que l'air peut très facilement y circuler et assurer ainsi à la fois la respiration et l'accomplissement de la fonction chlorophyllienne.

Disposition des feuilles sur leur axe. — Dans les plantes herbacées, les feuilles se rencontrent d'un bout à l'autre de la tige. Celles qui naissent du collet portent le nom de feuilles *radicales*, les autres sont les feuilles caulinaires. Dans les plantes ligneuses les feuilles ne se trouvent que sur de jeunes rameaux et, pour les arbres à feuilles caduques, exclusivement sur les rameaux qui se forment par le développement des nouveaux bourgeons.

Fig. 167.

Dans tous les cas, les feuilles sont toujours disposées avec ordre. Ou bien elles naissent seule à seule en un même point du rameau : feuilles *alternes* (orme, tilleul) ; ou bien deux, trois, quatre feuilles ou plus sont insérées à la même hauteur : feuilles *opposées* ou *verticillées* (érable, lilas, laurier-rose).

Feuilles alternes. — Les feuilles alternes offrent toujours une disposition fort remarquable qu'il est impor-

---

Fig. 167. — Tissus cellulaires pris dans la feuille du pissenlit, *b* ; et du mil, *a*.

tant de bien connaître, vu qu'on peut en tirer un bon caractère spécifique.

L'angle de divergence de deux feuilles voisines est invariable pour une même espèce, et cet angle est toujours rationel à la circonférence. Dans l'orme par exemple, cet angle est de 180°, de sorte que la troisième feuille est immédiatement superposée à la première, la cinquième à la troisième et ainsi de suite. Dans le bouleau c'est la quatrième qui est superposée à la première, la septième à la quatrième, etc. Dans le peuplier, la sixième est superposée à la première, dans le buis c'est la neuvième.

Si on fixe un fil au pétiole de la feuille qui sert de point de départ et qu'on le fasse passer par les points d'insertion de toutes les feuilles, on décrira une spirale régulière d'un bout à l'autre du rameau. Or cette spirale fera toujours le même nombre de tours entre deux feuilles directement superposées. Dans l'orme et le bouleau, elle en fera un, dans le peuplier, deux, dans le buis, trois, dans le sumac, cinq. Ces deux données relatives à la disposition des feuilles alternes sont à peu près invariables dans chaque espèce végétale et leur ensemble a été appelé *cycle* des feuilles.

On est convenu d'exprimer le cycle par une fraction dont le numérateur est le nombre de tours de spires, et le dénominateur le nombre de feuilles comprises entre deux feuilles superposées. Ainsi les cycles dont nous venons de parler auront pour expression :

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \ldots\ldots$$

Cette série est indéfinie, et pour trouver un terme de

rang quelconque, il suffit d'ajouter les dénominateurs et les numérateurs des deux cycles qui le précèdent immédiatement, pour avoir les quantités correspondantes du cycle cherché.

On remarque que les cycles à petits dénominateurs se trouvent sur les branches à longs entre-nœuds, tandis que les cycles à grands dénominateurs s'appliquent aux feuilles rapprochées en rosettes (involucres, cônes).

Il est évident que l'expression du cycle est en même temps celle de l'angle de divergence de deux feuilles voisines.

Feuilles opposées et verticillées.—Pour les feuilles opposées, le cas le plus fréquent est celui où les feuilles de deux verticilles voisins font un angle de 90°. Elles se croisent donc à angle droit. Les feuilles sont alors dites *décussées*. Cette loi s'applique encore aux feuilles verticillées, et l'on trouve presque toujours que les feuilles d'un verticille sont placées vis-à-vis les espaces qui séparent les feuilles des deux verticilles voisins, de sorte que pour les feuilles opposées et verticillées, il y a superposition exacte de deux en deux verticilles.

Mouvements de la feuille.—De tous les organes des plantes, la feuille est celui dont les mouvements sont les plus remarquables.

En première ligne se place le phototropisme, dont le résultat est d'orienter la feuille de telle façon qu'elle reçoive sur le dessus de son limbe le maximum de la lumière qui l'éclaire. Cette disposition de la feuille est frappante chez les plantes qu'on cultive sur les fenêtres. Si on n'a pas le soin de tourner de temps en temps les

pots où elles végètent, toutes les feuilles se disposent à peu près parallèlement les unes aux autres, le dessus du limbe tourné vers la lumière.

Il y a encore le mouvement de repos ou de sommeil. Le soir, les feuilles de plusieurs plantes prennent une position différente de celle qu'elles ont pendant la journée. Chez le trèfle, le tabac, la sensitive, elles se dressent. Chez le haricot, le lupin, le faux-acacia, elles retombent vers le sol. L'effet de ces mouvements est de diminuer le rayonnement nocturne. Ils sont causés par un changement dans la transpiration, sous l'influence d'une lumière variable. Les renflements basilaires des feuilles deviennent ainsi alternativement flasques et turgides.

Les mouvements causés par les irritations mécaniques sont les plus remarquables, à raison de la grande rapidité avec laquelle ils se produisent. La plante irritée prend la position de sommeil. La sensitive, la dionée, le rossolis, sont des plus intéressantes à ce point de vue.

Enfin, on rencontre également des cas de mouvements spontanés, qui ne sont provoqués par aucune cause extérieure. Ces mouvements peuvent prendre quelques minutes, des heures ou une journée entière pour se produire. Ils sont dus à une inégalité périodique des phénomènes de nutrition, c'est-à-dire, par des variations dans l'assimilation des différentes parties de la feuille.

Durée des feuilles.—Les feuilles, en général, tombent chaque automne. Les feuilles articulées tombent les premières. Leur chute est souvent causée par une lame de liège qui se forme au point de jonction du pétiole et

du rameau, en dessous du bourgeon axillaire. Chez les pins, sapins, etc., les feuilles persistent l'hiver. La chute des feuilles ne s'y produit pas à une époque fixe, mais les anciennes feuilles disparaissent les unes après les autres, quand les nouvelles se sont développées.

ARTICLE SIXIÈME

Vrilles, épines, aiguillons

Nous rangeons dans ce chapitre toute une série d'organes transformés qui se rapportent les uns aux feuilles, les autres aux rameaux.

Fig. 168.

Les *vrilles* sont des appendices filamenteux, simples ou rameux, qui s'enroulent autour des corps voisins et qui

Fig. 168.—*a*, vrille ; *b*, épine du prunier sauvage ; *c*, épines du groseillier-à-maquereau.

servent ainsi à fixer et à supporter les tiges grêles qui en sont pourvues, *a* fig. 168. Ces vrilles sont toujours des organes avortés. Souvent ce sont des feuilles dont les nervures seules se sont développées. Ainsi dans la vesce, les trois folioles terminales de la feuille composée pennée sont représentées uniquement par leurs nervures médianes enroulées en vrilles. Il arrive aussi que les vrilles sont de véritables rameaux florifères avortés (vigne). La position des vrilles indique leur origine

Epines.— Les épines sont des piquants raides et aigus formés par le prolongement du tissu fibreux de la plante ou le développement anormal de certaine partie des végétaux. Souvent ce sont des rameaux arrêtés dans leur croissance, (senelliers, pruniers sauvages) *b* fig. 168. Ailleurs ce sont des stipules devenues spinescentes (groseillier-à-maquereau). Dans le chardon, ce sont les extrémités des nervures des feuilles qui dépassent les bords du limbe et se durcissent en épines, dans certains cactus, ce sont les feuilles elles-mêmes qui se changent en épines.

Aiguillons.—Ce sont des piquants qui n'ont aucun lien avec les tissus intérieurs des plantes. Ils sont soudés uniquement à l'épiderme et on peut les enlever sans briser le rameau, *a* fig. 164. On les regarde généralement comme des poils développés anormalement et durcis. On peut facilement suivre le long d'un jeune rameau de rosier cette transformation successive des poils en aiguillons.

ARTICLE SEPTIÈME

—

Fleur

La fleur est l'ensemble des organes de reproduction de la plante.

Parties essentielles et enveloppes florales.—Toute fleur se compose d'un certain nombre de verticilles groupés à l'extrémité d'un support qu'on appelle *pédoncule*. Le plus central de ces verticilles est le *pistil*. C'est l'organe qui renferme les graines embryonnaires ou ovules. Il est entouré par les *étamines ;* celles-ci contiennent cette poussière fécondante qui détermine dans les ovules la formation de l'embryon. Ces deux organes sont les parties essentielles des fleurs. Toute fleur qui les renferme est dite *complète*.

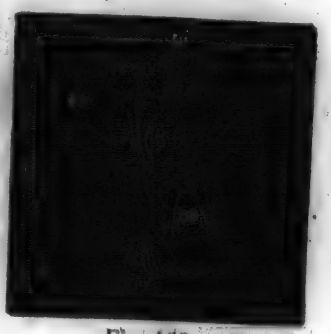


Fig. 169.

Les fleurs ont le plus souvent un certain nombre de folioles qui entourent les organes essentiels. Les unes sont généralement colorées et forment un premier verticille qu'on appelle *corolle ;* les autres, placées tout à fait en dehors ou à la base de la fleur, forment le verti-

---

Fig. 169.—Fleur complète ; *b*, bractée ; *pé*, pédoncule ; *ca*, calice ; *co*, corolle ; *e*, étamines ; *pi*, pistil.

cille calicinal ou le *calice*. Ces deux verticilles constituent les *enveloppes florales* ou le *périanthe*, fig. 169.

Fleurs incomplètes, pistilées, staminées, stériles.— Les fleurs auxquelles manquent un ou plusieurs de ces organes sont incomplètes. Celles qui n'ont ni étamines, ni pistil sont *neutres* ou *stériles* (boule-de-neige). Celles qui n'ont que le pistil sont dites *pistilées* ou *femelles*, celles où l'on ne trouvent que les étamines sont *stami-*

Fig. 170.

Fig. 171.

nées ou *mâles*. Les saules n'ont que des fleurs unisexuées, pistilées ou staminées.

Types floraux.—Le nombre de pièces qui forment chacun de ces verticilles constitue ce que l'on appelle les types floraux. Ces types sont fixes et peuvent servir de bons caractères spécifiques. En général, les verticilles floraux des monocotylédones ont pour type trois ou ses

Fig. 170.—Spathe.
Fig. 171.—Calicule.

multiples, tandis que dans les dicotylédones le type est cinq ou ses multiples. Cependant les exceptions sont nombreuses. Plusieurs fleurs de dicotylédones ont quatre pour type floral. Telles sont entre autres les fleurs des crucifères.

Bractées.—On donne ce nom à de vraies feuilles, modifiées dans leur forme, leur constitution et leur couleur, qui recouvrent la fleur lorsqu'elle commence à se former. On en distingue plusieurs espèces.

La *spathe* est une grande bractée, généralement colorée, qui s'ouvre dans sa longueur pour laisser voir la fleur, fig. 170. Le grand cornet blanc de la fleur du pied-de-veau est une spathe. Elle existe encore dans les aulx et les narcisses.

L'*involucre* est formé par une ou plusieurs séries de folioles appliquées à la base d'une fleur ou d'une inflorescence (pissenlit, grand soleil des jardins).

Le *calicule* est formé par plusieurs bractées étroitement appliquées autour d'une seule fleur (mauve, œillet, fig. 171.

Fig. 172.

La *cupule* est composée de plusieurs bractées ligneuse et persistantes qui recouvrent la fleur en tout ou en partie (gland, faînes) fig. 172.

Inflorescence

L'*inflorescence* est la disposition des fleurs sur le rameau.

Fig. 172.—Cupule du gland.

L'inflorescence est *solitaire* quand le pédoncule reste simple. Les fleurs apparaissent alors seule à seule, en différents endroits de la tige.

L'inflorescence est groupée si la pédoncule se ramifie. Les dispositions des fleurs qui en résultent sont très nombreuses. Cependant elles peuvent toutes se ramener à deux types : la *grappe* et la *cyme*.

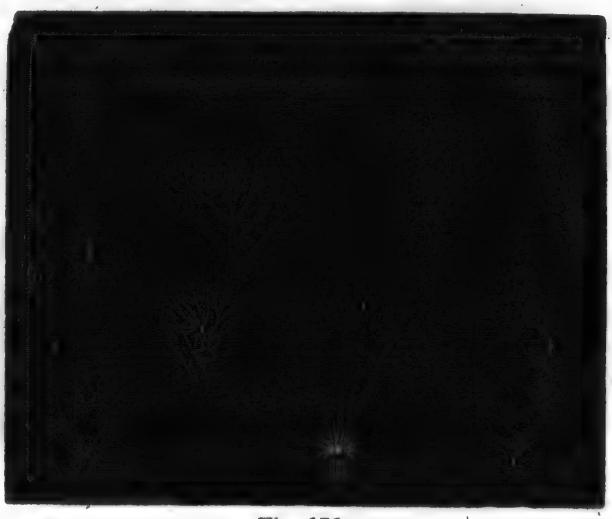


Fig. 173.

Dans la *grappe*, le pédoncule principal porte de tous les côtés des pédicules sur lesquels sont fixés les fleurs *e* fig. 173. Si les fleurs sont portées immédiatement par le pédoncule principal, on a l'*épi* *b* fig. 173. C'est un *chaton*, si ces fleurs sont unisexuées *a* fig. 173 ; un

Fig. 173.—*a*, chaton ; *b*, épi ; *c*, cône ; *d*, capitule ; *e*, grappe ; *f*, corymbe ; *l*, ombelle.

cône si chacune d'elles est recouverte par une large bractée papyracée ou ligneuse *c* fig. 173. Le *corymbe* est une grappe dans laquelle les pédicelles sont d'inégale longueur, de manière à venir tous aboutir à un même niveau *f* fig. 173. Dans l'*ombelle*, le pédoncule principal n'existe pas, et les pédicelles ont tous sensiblement même longueur *l* fig. 173. Enfin, dans le *capi-*

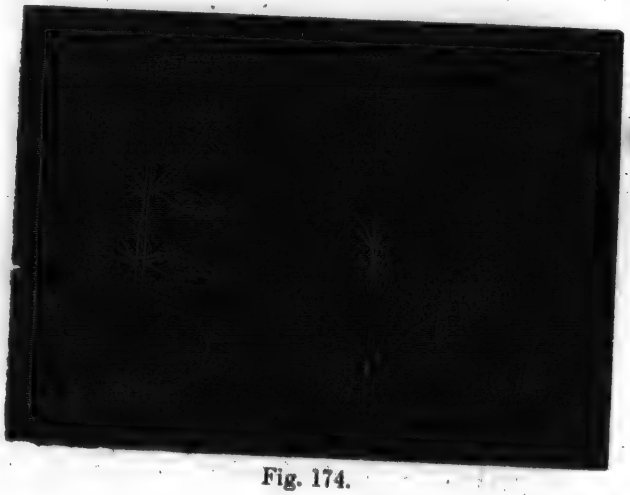


Fig. 174.

tule, les fleurs sont sessiles sur l'extrémité élargie du pédoncule *d* fig. 173.

Dans la *cyme*, le rameau est terminé par une fleur *b* fig. 174. Il se trouve ainsi absolument limité dans sa croissance. Son développement ne peut se faire que par des rameaux latéraux, lesquels sont à leur tour limités

Fig. 174.—*a*, grappe composée d'avoine ; *b*, cyme *d*, cyme scorpioïde du myosotis ; *c*, figure théorique de cette cyme.

par une fleur, (stellaire). Quelquefois toute une moitié de l'inflorescence ne se développe pas, alors l'espèce de grappe qui en résulte s'enroule en forme de volute. C'est la cyme scorpioïde, myosotis, *c*, *d* fig. 174.

Calice

Le calice est la partie extérieure du périanthe double. C'est l'enveloppe florale qu'on trouve immédiatement au-dessus des bractées.

Fig. 175.

Il se compose d'un certain nombre de folioles presque toujours vertes, qu'on appelle *sépales*. Elles peuvent être libres ou soudées ensemble. Dans le premier cas le calice est *polysépale*, dans le second il est *monosépale*.

La soudure peut se faire sur une portion plus ou moins longue des sépales. De là les qualificatifs de *dentés*, *fides* ou *partites* que l'on donne aux calices monosépales. De plus, on appelle *tube* la partie du calice où les sépales sont soudés, *gorge* la ligne où cesse la soudure, et *limbe* la partie des sépales qui est libre.

Fig. 175.—Calices. *a*, éperonné ; *b*, campanulé ; *c*, urcéolé.

Le calice est *régulier* si tous les sépales sont semblables, autrement il est irrégulier. Quelquefois, les sépales sont réduits à l'état d'aigrettes soyeuses (pissenlit) ; il n'y a alors que les nervures des sépales qui se développent. Ceci se produit dans les inflorescences très denses, à l'intérieur desquelles la lumière ne peut guère pénétrer.

Les formes du calice sont très nombreuses. Il peut être *tubuleux, cylindrique, anguleux, étalé, cupuliforme, urcéolé, vésiculeux, éperonné*, etc., fig. 175.

Corolle

La corolle est la seconde enveloppe florale en partant de l'extérieur.

Elle se compose d'un nombre variable de folioles, le

Fig. 176.

plus souvent vivement colorées, qu'on appelle pétales. Ceux-ci ne sont que des feuilles modifiées. Aussi y trouve-t-on quelquefois une partie rétrécie qui joue le rôle du pétiole et qu'on appelle l'*onglet*, fig. 176. S'il n'y en a pas, le pétale est sessile.

Fig. 176.—Diverses formes de pétales à onglet et sessiles.

Comme le calice, la corolle est *monopétale* si les pétales sont soudés ensemble en tout ou en partie, *polypétales* s'ils sont libres les uns des autres.

Fig. 177.

Corolles polypétales.—Le nombre de pétales y varie depuis un jusqu'à plusieurs centaines. Ils sont tantôt

Fig. 178.

Fig. 177.—Corolle rosacée, *a* ; corolle crucifère, *b*.
Fig. 178.—Corolle caryophyllée, *c* ; papilionacée, *b* ; infundibiliforme, *a*.

réguliers, tantôt irréguliers, tantôt semblables, tantôt dissemblables. Il y a parmi ces corolles, tant régulières qu'irrégulières, certains types qui se reproduisent assez régulièrement.

Ces types sont représentés dans les figures 177 et 178. La légende de ces figures donne en même temps les noms.

Fig. 179.

Nous pouvons en dire autant des types de corolles monopétales régulières et irrégulières représentées par les figures *a* 178 et 179.

Androcé ou verticille staminal

Les étamines forment le premier verticille des organes

Fig. 179.—Corolle campanulée, *a* ; personnée, *b* ; labiée, *c* ; rotacée, *d* ; hypocratériforme, *e*.

essentiels des fleurs. Ils renferment la poussière fécondante. On y distingue trois parties :

1° Le *filet*.—C'est le support de l'étamine. Il a la forme d'un cône, d'une colonnette, d'un fil plus ou moins ténu. Il a de plus une grande analogie avec les pétales et prend facilement la forme de ces organes. C'est ainsi que se dédoublent un bon nombre de fleurs cultivées dans les jardins. Les centaines de pétales des roses doubles ne sont que des étamines modifiées. La fleur du rosier sauvage ne renferme que cinq pétales.

2° L'*anthère*.—Elle a généralement l'apparence d'un sac membraneux. Si elle a plusieurs loges, elles sont réunies ensemble par un corps spécial appelé *connectif*. Quelquefois elles sont simplement adossées sans que le connectif existe. A sa surface se trouve un sillon ou une espèce de cicatrice. C'est par là que s'ouvre l'anthère pour laisser sortir le pollen, fig. 180.

Fig. 180.

3° Le *pollen*.—C'est la partie essentielle des étamines. Il se compose d'un amas de petits grains microscopiques, dont la forme, invariable pour une même espèce de plante, change cependant d'une espèce à l'autre.

Chacun de ces grains a deux membranes. L'extérieure est dure, coriace, à surface généralement ru-

---

Fig. 180.—Etamine entr'ouverte avec grains de pollen. Filet, anthère et connectif.

gueuse, et présente un certain nombre de solutions de continuité sous forme de plis ou de pores, *a*, *b*, fig. 181. La membrane intérieure est très mince, élastique et susceptible de se dilater beaucoup. Elle peut faire hernie par les ouvertures de la membrane extérieure sous forme de tubes extrêmement petits appelés *boyaux polliniques*, *a* fig. 181. En dedans, se trouve un liquide mucilagineux contenant un ou plusieurs noyaux, accompagnés de petits granules que l'on voit constamment se mouvoir à l'intérieur des boyaux polliniques. Ces noyaux jouent un rôle essentiel dans la fécondation des plantes.

Fig. 181.

Quelques végétaux, comme les orchis, ont un *pollen solide ;* c'est-à-dire, que les grains de pollen ne sont pas séparés les uns des autres mais forment une seule masse solide.

Nombre et soudure des étamines.—Lorsqu'il y a dix ou moins de dix étamines dans une fleur, leur nombre ne varie pas ; les étamines sont alors *définies.* S'il y en a plus de dix, leur nombre est variable, elles sont *indéfinies.*

Si une fleur renferme quatre étamines dont deux plus longues que les autres, les étamines sont *didyna-*

Fig. 181.—Deux formes de grains de pollen, le grain *a* émet les boyaux polliniques par deux des pores de sa surface.

mes, *a* fig. 182. Elles sont *tétradynames*, si la fleur en renferme six, dont quatre longues et deux courtes, *b* fig. 182.

Les étamines soudées par les filets en un, deux ou plusieurs faisceaux sont dites *monadelphes*, *diadelphes* ou *polyadelphes*, *c*, *d* fig. 180. Elles sont *synanthérées*

Fig. 182.

si la soudure se fait par les anthères. Enfin une soudure directe des étamines avec le pistil détermine ce que l'on appelle des étamines *gynandres*.

Verticille carpellaire ou pistil

Le pistil est le verticille central de la fleur, c'est lui qui renferme les graines embryonnaires.

Il se compose d'un nombre variable d'organes appelées *carpels*, qui ne sont que des feuilles modifiées.

Fig. 182.—*a*, étamines didynames ; *b*, étamines tétradynames ; *c*, étamines monadelphes ; *d*, étamines diadelphes.

Dans cette modification, la feuille se replie longitudinalement sur elle-même, ses deux bords se soudent de manière à former une cavité centrale, et les ovules ou jeunes graines se forment toujours sur les bords de la feuille. La feuille carpellaire garde généralement sa couleur.

Fig. 183.

Dans chaque carpel il y a cinq parties : L'*ovaire*, cavité placée à la base ; le *style*, colonnette placée au-dessus de l'ovaire ; le *stigmate*, glande qui couronne le style ; le *trophosperme* ou *placentaire*, masse celluleuse qui sert de point d'attache aux graines, et enfin les *ovules*, qui sont les graines embryonnaires, fig. 183. Le style est assez souvent absent.

Un pistil est quelquefois formé d'un seul carpel, mais il se compose généralement de plusieurs carpels, soudés ou libres en tout ou en partie. Lorsqu'il y a soudure par la base, l'ovaire résultant est souvent divisé en autant de loges qu'il y a de carpels dans le pistil, c'est l'ovaire pluriloculaire. Cependant il arrive que les feuilles carpellaires se soudent par leurs bords sans se replier jusqu'au centre de la fleur, et le pistil, tout en étant composé, reste cependant uniloculaire. Le nombre des trophospermes indique alors s'il y a réunion de plusieurs carpels ou non.

Le style renferme toujours à son centre un tissu cellulaire très lâche destiné à laisser passer et à nourrir

Fig. 183.—Section longitudinale d'un pistil.

l'envelopper complètement, sauf à son sommet où existe toujours une solution de continuité qui, dans la graine mûre, est appelée *micropyle*. Le nucelle est fixé à ses enveloppes par un seul point opposé au micropyle, qu'on appelle la *chalaze*; d'un autre côté le point d'attache de l'ensemble de l'ovule sur le support qui le relie au trophosperme, ou au *funicule*, est le *hile*. Ces phases de développement sont représentées dans la figure 184.

Quelquefois les différents côtés du nucelle et des enveloppes s'accroissent régulièrement, alors le micro-

Fig. 185.

pyle, le hile et la chalaze restent sur une même ligne droite ; c'est l'ovule *orthotrope*. Dans certains cas, un côté se développe plus qu'un autre, alors le hile et la chalaze restent rapprochés, mais le micropyle est déjeté de côté et le sommet du nucelle tourne de 90° : ovule *campylitrope*. Ces graines, lorsqu'elles sont mûres, ont

Fig. 185.—Ovules A orthotrope, B campylitrope, C anatrope. 1 sac embryonnaire, 2 nucelle, 3 secondine, 4 primine, 5 chalaze, 6 hile, 7 funicule, 8 micropyle. D'après Guibert.

les boyaux polliniques. On l'appelle pour cette raison : *tissu conducteur*.

La forme et la consistance des stigmates sont très variables. En général, leur nombre indique le nombre des carpels qui se sont soudés pour former le pistil.

Fig. 184.

Ovule, mode de développement.—L'ovule apparaît d'abord à la surface du trophosperme sous la forme d'un petit mamelon celluleux qui plus tard sera le *nucelle*. Ce globule s'entoure bientôt de deux membranes, la *primine* et la *secondine*, qui finissent par

Fig. 184.—Développement de l'ovule, d'après Guibert. A, B, C, D, phases successives. 1, sac embryonnaire, 2, nucelle, 3 secondine, 4 primine, 8 micropyle. E ovule parfait ; 1, 2, 3, 4, même signification que ci-dessus. 5 chalaze, 6 hile, 7 funicule, 8 oosphère, *a*, raphée.

la forme d'un rein. Enfin, il arrive des cas de développements encore plus irréguliers. Le nucelle tourne d'une demi-circonférence et la chalaze vient se mettre en un point diamétralement opposé au hile. Un faisceau vasculaire part de ce dernier, court entre les deux enveloppes et pénètre dans le nucelle par la chalaze ; la saillie qu'il produit à l'extérieur de la graine porte le nom de *raphée*. Le micropyle se trouve ainsi placé tout près du hile. L'ovule est alors dit *anatrope*, fig. 185.

Pendant que cette évolution se produit, le nucelle se creuse. La cavité intérieure, quelle que soit sa forme, constitue le sac embryonnaire. C'est là que se trouve une cellule appelée l'*oosphère*. Son développement, après la fusion de son noyau avec celui du grain de pollen, produira l'embryon.

Insertion des verticilles floraux

L'extrémité supérieure du pédoncule est presque toujours dilatée en une surface plane ou légèrement courbe, sur laquelle sont insérés les différents verticilles de la fleur. Cette surface porte le nom de *réceptacle* ou de *torus*. Dans quelques plantes le réceptacle prend un grand développement, comme dans la fraise et la figue, et il constitue à lui seul la partie comestible.

La proximité réciproque des verticilles de la fleur fait que souvent ils se soudent les uns aux autres en tout ou en partie. On regarde alors comme leur point d'insertion celui où ils deviennent libres.

De tous les verticilles floraux, les étamines et le pistil sont ceux dont l'insertion est la plus importante à

déterminer. Les étamines sont *hypogynes* si elles naissent sous l'ovaire, elles sont *périgynes* si elles naissent des parois d'un calice tubuleux, *épigynes* si elles naissent du sommet de l'ovaire. Dans le cas de corolles monopétales, les filets des étamines sont

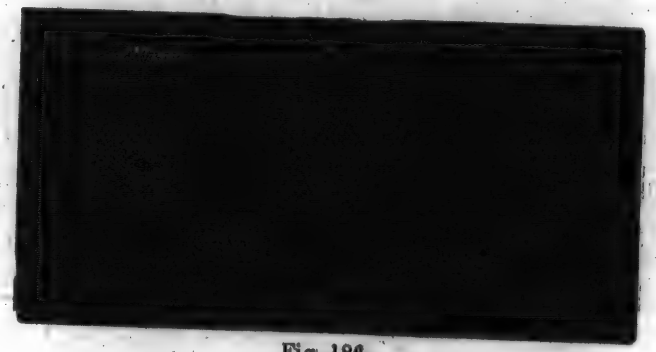


Fig. 186.

toujours soudés avec les pétales et ont même insertion.

L'ovaire occupe lui aussi des positions remarquables par rapport aux autres verticilles de la fleur. Il est *infère* s'il se soude avec les parois d'un calice tubuleux ; *supère* s'il est libre de toute adhérence avec les enveloppes florales.

Fig. 186.—Insertion des verticilles floraux ; *a*, étamines hypogynes, ovaire *supère* ; *b*, étamines *périgynes* ; *c*, étamines *épigynes*, ovaire *infère*. *o o'*, deux états de soudure de deux carpels. Le premier produit un trophosperme central, le second un trophosperme axillaire.

ARTICLE HUITIÈME

—

Fruit

Le fruit est l'ovaire parvenu à maturité.

Il se compose d'une enveloppe qui est la feuille carpellaire, appelée ici *péricarpe*, et des ovules mûrs qui sont les graines.

Structure et nature du péricarpe.—Le péricarpe à son tour, étant une feuille, doit avoir deux lames d'épiderme placées de chaque côté d'un tissu cellulaire mitoyen. L'épiderme extérieur est appelé *épicarpe*, c'est la *peau* des fruits. Il reste le plus souvent mince et s'enlève facilement sur les fruits charnus. L'épiderme intérieur, l'*endocarpe*, est, lui aussi, mince et membraneux. Il est cartilagineux dans la pomme, parcheminé dans le pois et ligneux dans tous les fruits à noyau. Ce dernier se compose de l'endocarpe et d'une portion du mésocarpe lignifié. Le *mésocarpe* ou *sarcocarpe* est le tissu placé entre l'endocarpe et l'épicarpe. Il prend un grand développement et devient succulent dans les fruits *charnus*, il reste mince dans les fruits *secs*.

Déhiscence du fruit.—Il y a des fruits qui s'ouvrent spontanément lorsqu'ils sont mûrs, pour laisser échapper leurs graines. On dit qu'ils sont *déhiscents*. D'autres ne s'ouvrent pas ; ils sont *indéhiscents*. Les fruits charnus en général sont indéhiscents. Le mode de déhiscence est invariable dans chaque espèce de plante.

Classification des fruits.—Il serait inutile d'étudier en détail la classification des différentes espèces de fruits, telle que la donnent les botanistes. Nous n'indiquerons que les principales espèces.

Parmi les fruits charnus, nous trouvons la *drupe*. Pendant que le mésocarpe est très développé, l'endocarpe devient très dur et constitue l'écaille du noyau : poire, prune.

Dans la *baie*, tout le péricarpe est pulpeux et succulent. Il contient une grande quantité de graines ou pépins : raisin, tomate.

Péponide, fruit à une seule loge, contenant une multitude de graines fixées à trois trophospermes pariétaux : melon, concombre.

Fig. 187.

Mélonide, fruit provenant de plusieurs ovaires réunies et soudés avec le tube du calice qui souvent devient très charnu, endocarpe cartilagineux : poire, pomme.

Fig. 187.—*a*, Cariopse ; *b*, akène ; *c*, samare ; *d*, gousse ; *e*, follicule ; *m*, pixide ; *n*, silique.

Les fruits secs déhiscents portent le nom général de *capsules*. Celles-ci s'ouvrent de diverses manières ; soit par des trous au sommet : pavot ; soit par un couvercle qui se lève : pourpier ; soit par des fentes longitudinales, au nombre de deux dans la *gousse* : pois, au nombre de quatre dans la *silique* : chou.

Les fruits secs indéhiscents portent le nom général d'*akènes*. On distingue l'akène du blé, qu'on appelle encore *cariopse*, et dont les parois sont intimement soudées à celles de la graine. On appelle *samare* un akène muni d'ailes membraneuses.

La figure 187 représente la plupart des fruits décrits plus haut.

ARTICLE NEUVIÈME

La graine

La graine est l'ovule parvenu à maturité.

La graine renferme toujours deux parties, l'*épisperme* et l'*amande*. L'épisperme est formé par les deux enveloppes de l'ovule intimement soudées ensemble. L'amande est la partie intérieure de la graine. Elle est le résultat du développement du nucelle. Elle peut se composer de deux parties, l'*endosperme* ou l'*albumen* et l'*embryon*. Il n'est pas rare cependant que l'embryon constitue l'amande à lui seul.

L'endosperme est un développement de tissu cellulaire provenant soit de l'accroissement du nucelle, soit d'une formation spéciale qui se produit dans le sac

embryonnaire. L'endosperme est une réserve de substances alimentaires dans laquelle puisera l'embryon au moment de la germination. Dans les céréales, il constitue toute la partie farineuse des graines ; le son est formé par les débris de l'épisperme et de l'épicarpe. La noix de coco a un endosperme charnu ; il est corné dans le café et dans le fruit du phytelephas.

Embryon.—Petite plante complète, *c* fig. 188, du moins dans les végétaux supérieurs, et qui résulte du développement de la vésicule embryonnaire après la fécondation. On y distingue quatre parties. La *radicule*, petite racine, courte et conique dont la pointe

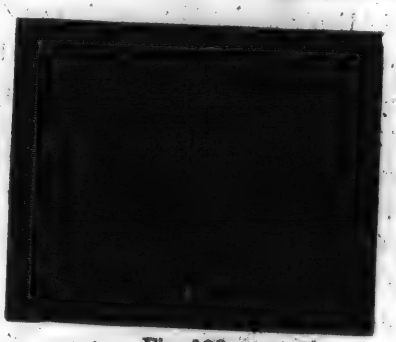


Fig. 188.

est toujours dirigée vers le micropyle. Son développement normal produit directement la racine chez plusieurs plantes. Quelquefois elle se détruit encore jeune, et alors apparaissent les radicelles qui formeront la racine du végétal.

La *tigelle* de l'embryon surmonte immédiatement la

Fig. 188.—Embryons dicotylédone et monocotylédone.

radicule. Elle n'existe que dans les dicotylédones et sert de point d'attache aux *cotylédons*. Ces derniers sont des feuilles généralement épaisses et à contours arrondis. Elles sont les premières qui sortent du sol au moment de la germination. Lorsque les cotylédons sont épais, ils servent à nourrir la jeune plante, aussi se flétrissent-ils à mesure que celle-ci se développe. Entre les cotylédons se trouve la *gemmule* qui n'est en réalité que le bourgeon de la tigelle.

Les embryons des monocotylédones n'ont qu'une seule masse cotylédonaire. Elle se fend latéralement pour laisser s'échapper les feuilles qui sortent les premières du sol. Il n'y a pas de trace de la tigelle.

Spores des acotylédones.—Les graines des acotylédones diffèrent complètement de celles que nous venons de décrire. En premier lieu, elles ne sont pas contenues dans des organes analogues aux fruits. De plus il est impossible d'y distinguer aucune trace de téguments. Très souvent une seule cellule, plus ou moins différenciée, constitue à elle seule une de ces graines. On a donné à toutes ces graines le nom générique de *spores*. Chose remarquable, il n'est pas rare de voir ces cellules-embryons, dans les plantes marines surtout, animées de mouvements spontanés très bien caractérisés au moment où elles sortent de la plante-mère. On croirait au premier abord avoir affaire à de véritables infusoires. Ce fait étrange prouve que les deux règnes, animal et végétal, ne sont pas aussi éloignés l'un de l'autre qu'on le croit généralement.

Dissémination des graines. — La Providence a ménagé aux plantes un grand nombre de moyens à

l'aide desquels, non seulement elles assurent leur existence là où elles ont une fois poussé, mais encore se répandent au loin et agrandissent sans cesse leur domaine. C'est par la dissémination de leurs graines que les plantes font ces conquêtes.

Les graines peuvent se disséminer par l'énergie seule de la plante qui les a produites. Certains fruits se brisent avec violence, au moment de la déhiscence, et projettent leurs graines au loin. Tel est entre autres celui de l'impatiente.

Ce mode de dissémination a des résultats relativement restreints. Il y en a beaucoup d'autres plus efficaces. Ainsi les rivières charrient une quantité considérable de graines, et lorsqu'après une inondation, les eaux se retirent, il n'est pas rare de trouver sur les surfaces inondées des plantes qu'on n'y avait encore jamais vues. C'est pour une raison analogue que les flores alpines tendent toujours à descendre des hauteurs qu'elles occupent, les torrents des montagnes entraînant sans cesse les graines du sommet vers la plaine. Les courants marins produisent les mêmes effets, mais à un moindre degré, vu que les graines sont plus vites décomposées par les eaux de la mer que par l'eau douce.

Les vents disséminent également une foule de graines, surtout celles qui sont légères et qui, grâce aux ailettes qui les entourent, donnent une forte prise aux courants d'air. Les graines à houppes soyeuses, comme celle du pissenlit, du tremble, peuvent être transportées à des distances énormes par des courants d'air relativement faibles. Que dire alors des spores microscopiques des fougères et autres plantes acotylédones ?

Aussi ces semences sont-elles distribués partout avec profusion et se développent-elles toujours, dès que les conditions nécessaires à leur germination se trouvent remplies.

Les animaux disséminent aussi beaucoup de graines. Les rongeurs amassent de tous côtés dans leurs greniers d'hiver des dépôts considérables de semences comestibles. Les oiseaux mangent une foule de baies, et comme les noyaux peuvent quelquefois échapper aux procédés de la digestion, ils se trouvent souvent transportés à de grandes distances. Sur les rivages des lacs saumâtres du Nord-Ouest, on trouve une grande variété de plantes méridionales dont les graines ont sans doute été apportées là par les oiseaux dans leurs migrations annuelles vers le nord. Quelques graines comme celles de la bardane, de l'aigremoine, se fixent solidement à la toison des animaux et voyagent avec eux.

Enfin l'homme est un des plus puissants agents de la dissémination des graines. Intentionnellement ou accidentellement, il emporte avec lui une foule de plantes qui, à la longue, modifient considérablement la flore des pays qu'il colonise. Nous avons ainsi gratifié l'Europe de plusieurs mauvaises herbes, mais elle nous l'a rendu avec usure. La verge d'or, plante canadienne, empeste, paraît-il, le nord de la France; d'un autre côté, la marguerite blanche, espèce européenne, a été importée au Canada et fait maintenant le désespoir de nos cultivateurs.

CHAPITRE TROISIÈME

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

La physiologie végétale étudie les phénomènes vitaux des plantes. Ces phénomènes peuvent se ranger en deux catégories : phénomènes de nutrition et phénomènes de fructification ou reproduction.

ARTICLE PREMIER

Nutrition

" La nutrition, dit Richard, est l'acte par lequel les végétaux, après avoir puisé dans les milieux où ils vivent, les gaz ou les liquides indispensables à l'entretien de leur vie, réalisent les modifications nécessaires au développement des parties qui les constituent, et à la formation des organes nouveaux qu'ils doivent successivement produire ". Ce sont les racines et les feuilles qui sont les principaux organes de nutrition.

La nutrition comprend plusieurs actes que nous allons voir successivement.

Absorption

Le squelette des plantes se compose presque exclusivement de quatre éléments, oxygène, hydrogène, carbone et azote. Il y entre encore un certain nombre de substances minérales, phosphates, carbonates et silicates. Or plusieurs parmi ces aliments, sont puisés dans le sol par les poils absorbants des racines. Et, comme ces poils sont des cellules complètement closes, les liquides et les gaz du sol n'y peuvent pénétrer que par endosmose. Donc aucun solide, quelque ténu qu'il soit, ne peut entrer dans les racines saines.

La force endosmotique n'est pas la seule qui produise l'absorption, la capillarité y joue aussi un rôle important, et elle pourrait suffire à elle seule pour faire arriver l'eau du sol jusqu'au sommet d'arbres très élevés. C'est pour utiliser cette force physique que les jardiniers ont le soin de *rafraîchir*, c'est-à-dire, de couper d'une section nette les racines des végétaux qu'ils transplantent qui se seraient brisées pendant l'opération. Enfin le vide, produit dans les feuilles par la transpiration végétale, se communique de cellule en cellule, de vaisseau en vaisseau, depuis le sommet jusqu'à la racine, et augmente encore la force d'absorption des spongioles.

La force et la rapidité avec lesquelles se fait l'absorption sont très considérables. En quelques minutes les plantes fanées que l'on arrose redeviennent turgides, et d'autre part, le fait que les liquides atteignent le sommet des arbres les plus élevés prouve que la force d'absorption est capable de contrebalancer une pression de plusieurs atmosphères.

Circulation

Les liquides absorbés par les spongioles se répandent dans toute la plante. Mais comme les végétaux n'ont pas un système continu de vaisseaux à la façon des animaux, la sève circule dans la plante en passant d'une cellule ou d'un vaisseaux à l'autre par endosmose, ou en mettant à profit les perforations qui criblent les membranes des tissus végétaux. Cette circulation se fait d'une manière continue, et non pas par pulsations, comme la circulation du sang chez les animaux.

Mouvement général de la sève.—La sève, aussitôt après son absorption, se met en mouvement vers les feuilles. Au départ elle n'offre que des traces de matières premières : albumine, glutine, gomme, sucre, etc. Mais elle s'enrichit à mesure qu'elle monte. Le mouvement ascensionnelle qui commence au premier printemps, se continue tout l'été avec une intensité décroissante. C'est par l'aubier des tiges que passe la sève ascendante et surtout par les couches intérieures. Le mouvement ascensionnel ne se fait pas rigoureusement en ligne droite, mais le suc vital se répand latéralement de façon à se maintenir constamment homogène et à imbiber également toutes les parties des tiges. La quantité de sève qui monte ainsi le printemps est toujours très grande. C'est ce que l'on peut constater en faisant dans une tige une incision assez profonde pour attaquer l'aubier.

La sève arrive petit à petit dans la feuille et y subit diverses transformations qui la rendent assimilable. Elle redescend ensuite, mais par un autre chemin. La

sève descendante, ou *cambium*, passe par le liber de l'écorce et se répand en même temps entre les tissus corticaux et ligneux pour s'organiser chaque année en une double couche de bois et d'aubier. Ce rôle important joué par l'écorce dans la circulation de la sève, explique pourquoi les arbres auxquels on a enlevé une zone circulaire d'écorce sont nécessairement voués à la mort. D'ailleurs toute blessure considérable faite à l'écorce d'un arbre amène assez souvent la décomposition des parties corticales voisines et, par suite, la mort.

Transpiration

Les végétaux transpirent comme les animaux, c'est-à-dire, qu'ils perdent, par leur parties vertes surtout, une portion de l'eau absorbée par les racines.

Cette perte d'eau par les feuilles est très grande. Un plant de soleil perd, en douze heures, une livre et quart d'eau ; un arpent carré de maïs, pendant le même temps, laisserait s'évaporer plus de 20,000 livres d'eau.

Cette évaporation amène comme résultat un appel constant au côté des racines. On comprend mieux alors que les plantes qui ne trouvent dans le sol que des solutions salines extrêmement diluées, puissent cependant construire si facilement leur charpente. L'énorme volume de ces solutions qui passe chaque année dans la plante compense largement pour leur pauvreté en sels minéraux.

La transpiration se fait par la surface inférieure des feuilles, épiderme et poils ; mais le siège principal est le tissu interne, à larges méats, du revers du limbe.

Le blé en perd par respiration 230 000 livres d'eau

La lumière est la cause qui l'active au plus haut degré, à tel point que la transpiration se fait encore dans une atmosphère saturée. Une température élevée, un air très sec l'augmentent encore, de telle sorte que c'est vers deux heures après-midi qu'elle est la plus énergique.

Quand la transpiration diminue, à la tombée de la nuit, l'eau continue à affluer de la tige et des racines. Elle suit les nervures des feuilles et, comme les vaisseaux qui constituent ces dernières sonts ouverts à chaque dent, l'eau finit par perler sur chacune de celles-ci sous la forme d'une fine gouttelette extrêmement limpide. Il n'est pas rare de trouver, le matin, après une nuit relativement humide et fraîche, les feuilles de fraisier et de sanguisorbe ornées d'une couronne de perles liquides aussi délicates que brillantes.

Respiration

Les plantes respirent comme les animaux ; c'est-à-dire qu'elles absorbent l'oxygène et rejettent l'acide carbonique. Cependant cet acte physiologique est beaucoup moins intense que dans le règne animal.

C'est le protoplasme qui est le siège de la respiration végétale. Par conséquent, toutes les cellules vivantes y prennent part, et le phénomène de la respiration se constate sur tous les points vivants de la plante, depuis les racines jusqu'aux feuilles.

Fonction chlorophyllienne

Cette fonction, qui est de la plus haute importance dans la vie des plantes, ne s'accomplit que par la chlo-

rophylle, soumise à l'influence de la lumière. Les parties vertes des plantes sont donc seules à y prendre part. Voici en quoi elle consiste :

Sous l'influence des rayons lumineux, les grains de chlorophylle décomposent l'acide carbonique. Pour les arbres et la plupart des grands végétaux, la lumière directe du soleil est nécessaire. Pour d'autres, la lumière diffuse suffit. Le carbone et une partie de l'oxygène de l'acide carbonique restent dans la plante pour y former les composés organiques qu'elle doit fabriquer. Le surplus de l'oxygène est rejeté dans l'atmosphère.

La première provision d'acide carbonique ainsi décomposée est celle qui se trouve dans la plante elle-même et qui résulte de la respiration. Une fois cette réserve épuisée, l'acide carbonique de l'atmosphère pénètre, par endosmose et par les stomates ouverts, dans la feuille, pour y être décomposé à son tour. De sorte que, dans ces conditions, c'est-à-dire pendant le jour, les parties vertes des plantes absorbent l'acide carbonique de l'air, y rejettent une partie de l'oxygène de cet acide, et en gardent tout le carbone. C'est donc une action qui se fait en sens inverse de la respiration.

Comme cette fonction chlorophyllienne est bien plus énergique que la respiration, il en résulte que les plantes, sous l'influence d'une lumière plus ou moins vive, paraissent exclusivement absorber l'acide carbonique et rejeter l'oxygène.

La nuit, cette fonction est suspendue, et la respiration se fait toute seule par l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique.

Mais, comme la respiration est bien moins énergique

que la fonction chlorophyllienne, les plantes sont, en définitive, de puissants agents de réduction, et le résultat final de la végétation est de débarrasser l'atmosphère de l'excès d'acide carbonique qui la souillerait à la longue, par suite des combustions et de la respiration des animaux.

Sécrétions, excrétions et assimilation

La sève, une fois élaborée par la transpiration et la respiration, est devenue assimilable. Alors apparaissent dans les tissus végétaux une foule de principes qui constituent à proprement parler les sécrétions des plantes.

Plusieurs parmi ces principes immédiats peuvent être regardés comme le résultat de la combinaison d'un certain nombre de molécules de carbone avec un certain nombre de molécules d'eau. Tels sont la cellulose, l'amidon, les gommes, les résines, les sucres, la dextrine, le ligneux. Ajoutons un excès d'hydrogène à ces sécrétions et nous aurons le latex et la chlorophylle. Le caoutchouc, les huiles, les essences, ne se composent que de molécules d'hydrogène et de carbone combinées ensemble. Dans les acides organiques au contraire l'oxygène prédomine. La présence de l'azote avec les trois éléments précédents produit les alcaloïdes végétaux, morphine, quinine, nicotine, strychnine. Enfin la fibrine, la caséine, l'albumine, la glutine, renferment dans leur composition un peu de soufre et de phosphore.

Tels sont les principales sécrétions végétales. On ne connaît en aucune façon les lois physiologiques ou chimiques qui président à la formation de chacune d'elles.

En même temps que les principes immédiats énumérés plus haut se forment, plusieurs d'entre eux sont rejetées au dehors sous forme d'excrétions de diverse nature. Le plus souvent ce sont des sucres, des gommes, des résines ou de la cire. On a cru aussi que les racines rejetaient elles-mêmes différents principes, lesquels auraient pu être absorbés par d'autres plantes. D'après certains agriculteurs le système de rotation des récoltes reposerait en partie sur ce fait.

C'est après cette série de transformations que la sève se trouve complètement élaborée et peut servir à nourrir et à augmenter les tissus proprement dits de la plante. Les divers organes élémentaires baignés par le cambium se l'assimilent, c'est-à-dire le changent en leur propre nature. C'est ainsi que se forment entre autres la membrane extérieure des cellules et les différents principes qui incrustent les fibres ainsi que tous les autres composés organiques qui constituent les diverses parties des plantes.

Origine des éléments qui constituent les différents tissus des plantes

Le carbone provient exclusivement de l'acide carbonique que contient l'air atmosphérique. L'oxygène est fourni en partie par l'acide carbonique, en partie par l'eau. L'hydrogène vient également de l'eau ainsi que des matières amoniacales absorbées et décomposées par les plantes. Quand à l'azote, plusieurs plantes le prennent directement dans l'air, au moins en grande partie, à l'aide de microbes qui s'établissent sur leurs racines et

y produisent des nodosités qui ressemblent à des tubercules en miniature. D'autres le reçoivent des engrais azotés que renferme le sol. Les légumineuses, en général, se rangent dans la première catégorie et les céréales dans la seconde. Il est facile de comprendre alors pourquoi les premières sont dites *fertilisantes*, et les secondes *épuisantes*.

Les plantes contiennent encore un bon nombre de matières minérales qui sont absolument nécessaires à leur croissance. Il est donc très important de connaître quels sont les sels minéraux absorbés par telle ou telle plante en particulier, afin de lui donner un engrais convenable. Ces substances, elles doivent les trouver toutes préparées dans le sol, et elles ne peuvent que les absorber et se les assimiler.

Cependant le rôle des sels minéraux dans les plantes et les modifications qu'ils y subissent sont loin d'être connus. Il n'est pas rare de rencontrer des membranes cellulaires, paraissant parfaitement limpides et homogènes au microscope, qui cependant sont tellement pénétrées de silice ou d'autres substances minérales, qu'après la combustion, les cendres gardent exactement la forme de la cellule primitive. Dans quel état se trouve la silice par rapport à la cellulose de ces membranes cellulaires ?—Il est impossible de le dire.

Accroissement des tiges dicotylédonées ligneuses

Les tiges *ligneuses* augmentent chaque année en largeur et en hauteur. C'est que la nutrition sert non seulement à entretenir les organes des plantes dans leur état primitif mais encore à augmenter leur volume.

Accroissement en largeur.—L'accroissement en largeur des tiges dicotylédonées ligneuses est presque exclusivement le résultat de la formation d'une couche de bois à la périphérie, en dehors de l'aubier. La sève élaborée, qui descend des feuilles, se répand surtout entre le bois et l'écorce. Or elle ne tarde pas à s'organiser, le cambium cesse d'être homogène, on y voit apparaître bientôt des cellules qui augmentent, se multiplient et forment un véritable tissu organisé. D'abord ce tissu est très lâche, et, comme il est encore gorgé de sève, il se déchire facilement. Voilà pourquoi il est si facile, le printemps, de séparer le bois de l'écorce, alors que la zone génératrice est en plein développement. Peu à peu, les cellules se modifient, se changent en vaisseaux et en fibres, le bois véritable se produit, ainsi qu'un feuillet de liber, et l'écorce finit par adhérer plus fortement à la tige. L'épaisseur de cette formation ligneuse varie proportionnellement à la quantité de sève. Elle passe donc d'un maximum, au printemps, à un minimum l'automne. L'hiver la végétation est sensiblement nulle. Et comme, à l'automne, les sucs sont moins abondants, les fibres sont plus serrées, plus colorées, plus dures que celles du printemps. Voilà pourquoi chaque âge du bois présente une zone pâle, l'intérieure, et une zone foncée, l'extérieure.

De là il suit encore qu'il est facile de connaître l'âge d'une tige en comptant le nombre de zones que présente une section transversale faite tout à fait à la base.

Dans cette organisation du cambium, les cellules en contact avec les rayons médullaires restent à l'état de cellules et servent à prolonger ces rayons dans la nouvelle couche ligneuse.

Pendant que se forme ainsi une nouvelle couche d'aubier, la plus ancienne des couches de cette formation passe à l'état de duramen et un nouveau feuillet de liber s'ajoute à l'intérieur de l'écorce. Ce mode de développement par l'extérieur des tiges dicotylédonées ligneuses les fait souvent désigner par le qualificatif d'*exogènes*.

Accroissement en hauteur.— Les tiges portent toujours à leur extrémité un bourgeon terminal. C'est le développement de ce dernier qui produit l'accroissement en hauteur. Voilà pourquoi la croissance se fait à peu près exclusivement dans les entres-nœuds supérieurs. Il en résulte que ces tiges se composent en réalités de cônes ramifiés, excessivement aigus et emboîtés les uns dans les autres. Si le bourgeon terminal avorte, l'accroissement ne se fera plus que latéralement et l'allure des tiges en sera considérablement modifiée. C'est l'avortement des bourgeons latéraux qui cause l'existence des troncs simples, plus ou moins longs, de la plupart de nos arbres ; un développement régulier et constant des bourgeons produirait nécessairement des ramifications dès la base.

L'accroissement en hauteur et en largeur des tiges monocotylédonées et acotylédonées ligneuses est assez obscure. Et comme ces tiges ne se rencontrent pas à nos latitudes, nous les passerons sous silence.

ARTICLE DEUXIÈME

—

Fécondation

La fécondation est l'acte par lequel les grains de pollen, venant en contact avec l'ovule, déterminent dans ce dernier la formation de l'embryon.

La fécondation se produit toujours au moment de l'épanouissement de la fleur ou peu de temps après. C'est à ce moment que, dans plusieurs fleurs, les étamines se meuvent de façon à rapprocher l'anthère du stigmate. On voit ensuite les anthères s'ouvrir et le pollen être projeté sur le stigmate du pistil. Le liquide mucilagineux qui recouvre le stigmate le retient à sa surface et assure ainsi la fécondation. Le vent, les insectes qui viennent butiner sur les fleurs contribuent encore pour une large part à la pollinisation, d'autant plus qu'ils peuvent transporter le pollen d'un individu à un autre, et cela à des distances considérables. Il est donc évident que toute cause qui enlèvera le pollen des fleurs, comme une pluie battante ou un vent violent, ou qui desséchera le stigmate du pistil, empêchera la fécondation et par suite le développement de la graine et du fruit.

Le grain de pollen, en contact avec le liquide du stigmate l'absorbe ; bientôt se produit la hernie du boyau pollinique et dans ce dernier on voit s'avancer un noyau. Ce boyau s'insinue entre les cellules du stigmate, gagne l'axe du style où il rencontre le tissu conducteur tout gorgé de sucs nutritifs. Peu à peu il s'allonge en se nourrissant toujours aux dépens du tissu conducteur.

Il arrive ainsi à la cavité ovarienne, y pénètre et gagne le sommet de l'ovule. C'est par le micropyle qu'il traverse les membranes de ce dernier et qu'il pénètre jusqu'au sommet organique du nucelle avec lequel il se soude intimement. Alors son noyau va se fondre avec celui de l'oosphère et, de ce moment, le germe est formé; l'embryon commence l'évolution de son développement, et la graine prend son organisation définitive, fig. 189.

Fig. 189.

La fécondation est terminée. Toutes les parties de la fleur, à part l'ovaire, se flétrissent et disparaissent; l'ovaire au contraire augmente de volume et forme le fruit, tandis que les ovules fécondés se changent en

Fig. 189.—Progression du boyau pollinique du stigmate jusqu'à l'ovule. A ensemble du pistil; 1 ovule, 2 ovaire, 3 stile, 4 boyau pollinique, 5 grain de pollen. B entrée du boyau dans le sac embryonnaire. 1 noyau de l'oosphère avec ses deux cellules directrices, 2 synergides, 3 noyau du boyau avec ses deux cellules directrices, 4 boyau pollinique, 5 deuxième noyau du pollen. D'après Guibert.

graines. La graine, voilà en effet, le but de tous les actes vitaux de la plante.

Hybridation et métissage.—Il est possible de féconder une espèce par le pollen d'une autre. On produit ainsi des hybrides dont les caractères tiennent à la fois des deux espèces qui leur ont donné naissance. Mais ces plantes, comme les hybrides animaux, n'ont pas cette persistance de caractères qui existe dans l'espèce. Ils sont le plus souvent stériles, où, s'ils se reproduisent, ils retournent d'eux-mêmes, après quelques générations, à l'un des types primitifs. Il n'y a que des soins entendus et incessants qui puissent les maintenir.

Le métissage est la fécondation obtenue par des plantes de races différentes. Ici, les produits sont féconds et participent aux caractères des deux races primitives. C'est au métissage que l'on doit les plus belles et les meilleures variétés de nos plantes cultivées.

ARTICLE TROISIÈME

Germination

La germination est la série de phénomènes que présente une graine pour que son embryon développe un nouvel individu. Pour qu'une graine puisse germer il faut qu'elle renferme un embryon bien formé et qu'elle soit assez récente. Cependant la persistance de la vitalité dans le germe est très variable. En général, les graines

oléagineuses conservent peu longtemps leurs facultés germinatives.

La germination, de plus, ne se produit qu'avec le concours de divers agents extérieurs qui sont surtout l'eau, l'air et la chaleur.

L'eau ramollit les enveloppes de la graine, dissout les matières solubles qu'elle renferme, et pénètre ainsi enrichie dans l'embryon pour en déterminer le développement initial. C'est surtout la radicule de l'embryon qui absorbe cette sève primordiale. Cet organe prélude ainsi au rôle qu'il jouera plus tard.

L'air est encore nécessaire à la germination. Les graines trop enfoncées ne germent pas. Le contact de l'air détermine dans les tissus nutritifs de la graine certains changements chimiques qui les transforment en aliments pour l'embryon ; des deux gaz qui composent l'air, l'oxygène seul joue ce rôle transformateur. Des graines plongées dans l'azote ne germent pas.

Enfin un certain degré de chaleur est également indispensable. Au-dessous de 0°, toute végétation s'arrête, et au-dessus de 50° centigrade, les plantes se dessèchent. La température la plus favorable est la moyenne entre ces deux limites.

Phénomènes généraux de la germination.—L'épisperme se ramollit, puis se déchire pour laisser sortir la radicule qui se dirige immédiatement vers l'intérieur du sol ; la tigelle et la gemmule montent au contraire vers la surface, entraînant avec eux les cotylédons, du moins chez les plantes dicotylédonées. Ce sont les deux premières feuilles qui apparaissent au dehors et qui se flétrissent peu à peu en se dépensant pour nourrir la

jeune plante jusqu'à ce que les racines soient capables de réaliser une absorption suffisante, *a*, *b*, *c* fig. 190. Chez les plantes monocotylédonées, le cotylédon reste dans le sol. Il sort à demi de l'épisperme, puis se fend pour donner passage à la gemmule, *d*, *e* fig. 190.

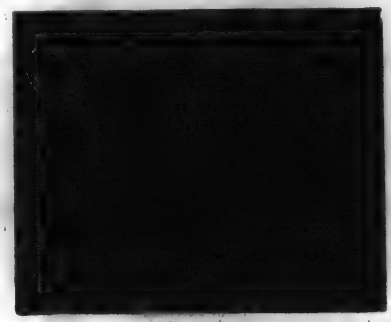


Fig. 190.

Le temps nécessaire à la germination varie d'une graine à l'autre. Il dépend surtout de la consistance de l'épisperme.

Germination des spores des acotylédones.—" On s'est assuré, dit M. l'abbé Moyen, que les spores des fougères tombées sur le sol, donnent naissance à un petit végétal de durée très éphémère, qu'on appelle le *prothallium*. Sur ce dernier apparaissent deux sortes d'organes : les *anthéridies* analogues aux étamines, et les *archégones* analogues aux ovaires.

Fig. 190.—Diverses phases de la germination : *a*, apparition de la radicule ; *b*, la tigelle et les cotylédons commencent leur mouvement ascendant ; *c*, embryon complet ; *d*, *e*, germination des graines monocotylédonées.

" Des anthéridies on voit s'échapper de petits filaments animés de mouvements rapides qui les feraient prendre pour des animalcules ; ce sont les *anthérozoïdes*. Ces filaments finissent par se fixer sur d'autres corpuscules enfermés dans les archégones et la fécondation est alors opérée. Après cette série d'actes, le prothallium disparaît et les archégones donnent naissance à de nouvelles fougères ".

On a observé des phénomènes analogues dans les prêles et quelques autres acotylédones, mais dans un grand nombre de ces plantes, les phénomènes de la germination des spores sont beaucoup trop complexes pour que nous songions à les décrire.

CHAPITRE QUATRIÈME

TAXONOMIE

De tout temps on a essayé de partager le nombre immense des différentes plantes en certains groupes caractérisés d'une manière plus ou moins naturelle. C'était faire de la taxonomie ou de la classification botanique.

Classifications empirique et systématique.—Toutes les classifications, quelles qu'elles soient, peuvent se faire soit à l'aide de caractères étrangers aux objets que l'on classe, soit à l'aide de caractères tirés de la constitution et de la nature même de ces objets. Dans le premier cas, la classification est dite *empirique*, et dans le second, *systématique*. Ce serait faire une classification empirique des plantes que de les distribuer d'après l'ordre alphabétique de leurs noms. Au contraire, grouper les plantes d'après la ressemblance ou la dissemblance d'un ou de plusieurs de leurs organes est une classification systématique.

Il va sans dire que la classification empirique n'a aucune valeur scientifique, la classification systématique est la seule employée.

Système et méthode.—A son tour, cette classification se présente sous deux aspects. Ou bien les caractères

distinctifs sont tirés de l'examen d'un seul organe, ou bien ils sont fournis par l'ensemble de l'organisation des plantes. Dans le premier cas c'est un *système*, et dans le second une *méthode*.

Il suit de là qu'il est bien plus facile de classer les plantes en suivant un système qu'une méthode ; mais, en revanche, une fois la classification faite, on ne connaît rien ou presque rien sur les caractères spécifiques de la plante étudiée. Ainsi, dire qu'une plante appartient à la *pentandrie*, classe du système de Linnée, c'est dire tout simplement que ses fleurs ont cinq étamines. D'un autre côté, comme le classement d'après une méthode exige l'étude détaillée des différents organes des plantes, il est plus difficile à faire ; mais une fois qu'on y est arrivé, on connaît à peu près complètement les grandes lignes de l'organisation des végétaux. Quant on est certain, par exemple, qu'une plante est de la famille des *crucifères*, famille de la méthode de de Jussieu, on sait que son embryon est dicotylédoné, qu'elle a des fleurs complètes, des feuilles alternes et sans stipules, des étamines tétradynames et pour fruit une silique ou une silicule, car chacune de ces données est entrée dans la formation des caractères du groupe appelé *crucifère*.

Espèce.—Dans toute classification, les divisions sont loin d'avoir la même étendue. La division la plus restreinte porte le nom d'*espèce*. On peut définir l'espèce : l'ensemble des individus qui se ressemblent tellement qu'on peut les regarder comme issus d'une même plante primitive. Des variations de formes peuvent se produire soit accidentellement, soit par la culture ou par l'hybrida-

tion; mais les *variétés* ou les *races* qui en résultent sont loin d'avoir les caractères de fixité que présentent les espèces.

Genre.—Les espèces qui se ressemblent davantage se réunissent ensemble pour constituer un *genre.*

Depuis Linnée, qui a créé la nomenclature botanique, le nom des plantes se compose de deux mots latins, un substantif qui est le nom du genre, et un adjectif qui est le nom de l'espèce. Ainsi le *Quercus robur*, le *Quercus rubra*, le *Quercus suber* constituent trois espèces du genre chêne.

Les genres se groupent ensemble pour former des divisions d'ordre supérieur qu'on appelle *ordres*, *familles* et *classes.*

Système de Linnée.—Le système de Linnée renferme 24 classes dont les caractères sont tirés uniquement de l'étude des organes de reproduction, étamines et pistil.

Il partage d'abord les plantes en deux grandes classes, les plantes à fleurs visibles ou les *phanérogames*, et les plantes à organes de reproduction invisibles ou les *cryptogames.* Le premier groupe se subdivise en 24 classes dont le tableau de la page 343 fera facilement connaître les caractères distinctifs.

SYSTÈME DE LINNÉE

- Plantes à
  - organes essentiels visibles (phanérogames)
    - fleurs complètes
      - étamines distinctes du pistil
        - libres
          - proportion indéterminée
            - nombre
              - 1 étamine ... Monandrie
              - 2 " ... Diandrie
              - 3 " ... Triandrie
              - 4 " ... Tétrandrie
              - 5 " ... Pentandrie
              - 6 " ... Hexandrie
              - 7 " ... Heptandrie
              - 8 " ... Octandrie
              - 9 " ... Ennéandrie
              - 10 " ... Décandrie
              - 11 à 19 " ... Dodécandrie
            - 20 ou plus insérés sur le
              - calice ... Icosandrie
              - torus ... Polyandrie
          - proportion déterminée ... Didynamie / Tétradynamie
        - soudées
          - par les filets ... Monadelphie / Diadelphie / Polyadelphie
          - par les anthères ... Syngénésie
      - étamines soudées avec le pistil ... Gynandrie
    - fleurs mâles et femelles
      - sur le même individu ... Monœcie
      - sur deux individus différents ... Diœcie
      - et complètes, sur un ou plusieurs individus ... Polygamie
  - organes essentiels cachés (cryptogames) ... Cryptogamie

MÉTHODE DES FAMILLES NATURELLES

- **Plantes**
  - **Acotylédonées** ..... **Acotylédonie**
  - **Monocotylédonées** ..... **étamines**
    - **hypogynes** ..... **Monohypogynie**
    - **périgynes** ..... **Monopérigynie**
    - **épigynes** ..... **Monoépigynie**
  - **Dicotytilédonées**
    - **apétales / apétalie** } **étamines**
      - **épigynes** ..... **Epistaminie**
      - **périgynes** ..... **Péristaminie**
      - **hypogynes** ..... **Hypostaminie**
    - **monopétales / monopétalie** } **corolle**
      - **hypogynes** ..... **Hypocorollie**
      - **périgynes** ..... **Péricorollie**
      - **épigynes** · **épicorollie**... **anthères**
        - **réunies** .... **Synanthérie**
        - **distinctes** . **Corysanthérie**
    - **polypétales / polypétalie** } **étamines**
      - **épigynes** ..... **Epipétalie**
      - **hypogynes** ..... **Hypopétalie**
      - **périgynes** ..... **Péripétalie**
    - **diclines** ..... **Diclinie**

Méthode des familles naturelles, ses avantages, nombre de classes qu'elle renferme.—Ses principaux avantages sont de grouper ensemble les plantes qui se ressemblent le plus. C'est précisément cela qui la fit entrevoir par Linnée lui-même, puis créer par Bernard de Jussieu et définitivement établir par Antoine-Laurent de Jussieu, en 1789.

Dans cette méthode on tient un grand compte de la stabilité, de l'invariabilité de certaines particularités de structure des plantes. Et c'est, non pas en comptant les caractères spécifiques, mais plutôt en les pesant, que A. de Jussieu établit cette admirable méthode. Ce botaniste a créé 15 classes dont les caractères multiples sont tirés de l'étude de plusieurs organes, voir page 344. C'est dans ces 15 classes qu'il a ensuite distribué les familles naturelles proprement dites.

Dans la méthode de de Jussieu, l'étude des végétaux commence par les espèces les plus inférieures qui offrent toujours une grande difficulté aux novices. De Candolle l'a modifiée de manière à commencer par l'analyse des plantes les plus parfaites et les plus faciles. La méthode de de Candolle ne renferme que 8 classes.

Le tableau de la page suivante les contient toutes avec leurs caractères distinctifs.

- **Plantes**
  - **vasculaires**
    - **exogènes**
      - **bichlamydées, deux envel. florales**
        - **1° Thalamiflores — pét. libres insérés sur torus.**
        - **2° Caliciflores — " " " calice.**
        - **3° Corolliflores — " soudés, corolles hypogynes.**
      - **4° Monochlamydées, une seule enveloppe florale.**
    - **endogènes**
      - **5° Phanérogames, organes de reproduction visibles.**
      - **6° Cryptogames, " " cachés.**
  - **cellulaires**
    - **7° Foliacées, portant des feuilles.**
    - **8° Aphylles, sans feuilles.**

D'a
de Cu
moins
pas d
classe
Ap
botan
différ
des e
sieur
les d
ces q
végét

D'ailleurs cette disposition des classes, imaginée par de Candolle, a été remaniée à plusieurs reprises, du moins dans ses détails. Il en résulte qu'on ne trouve pas deux flores énumérant dans le même ordre, les classes, les genres et les espèces.

Après une étude sérieuse de ces généralités sur la botanique, on pourra facilement trouverle nom des différentes plantes. Il suffira de se servir dans ce but des excellentes flores de l'abbé Provancher et de monsieur l'abbé Moyen, qui complètent merveilleusement les données que nous avons dû forcément abréger, dans ces quelques notes sur l'organographie et la physiologie végétales.

D. O. M.

Défin
Divis

Form
Crist
Axes
Crist
Déte
Mes
Syst
Mod
Cliv
Grou
Den
Stri
Enc
Stru
Nod
Pisc
Ma
Stal
Cas
Du

TABLE DES MATIÈRES

MINÉRALOGIE

	Pages
Définition de la Minéralogie	1
Divisions	3

MINÉRALOGIE PHYSIQUE

Formes des minéraux et lois cristallographiques	5
Cristaux	6
Axes	6
Cristallogénie	8
Détermination des formes cristallines	8
Mesure des angles dièdres, goniomètres	10
Systèmes cristallins	12
Modification des cristaux, oloédrie, hémiédrie	16
Clivage	20
Groupement des cristaux	22
Dendrites, druses	25
Stries, pseudomorphoses	26
Enclaves	28
Structure irrégulière des minéraux	30
Nodules	31
Pisolithes, oolithes	32
Mamelons	32
Stalactites, stalagmites	32
Cassure	32
Dureté, échelle de dureté	33

PAGES

Tenacité 34
Densité 35
Propriétés magnétiques et électriques 36
Propriétés organoleptiques 37
Eclat 38
Couleur 38
Transparence 40
Réfraction 40
Polarisation 41
Phosphorescence 43

MINÉRALOGIE CHIMIQUE

Propriétés chimiques 45
Analyse qualitative par voie sèche, chalumeau 46
Fusibilité 47
Essais par voie humide 52
Analyse quantitative 54
Formules minéralogiques 54

CLASSIFICATION

Espèce 56
Variétés 56
Clef analytique 57

GÉOLOGIE

Définition 89
Objet de la géologie 90
Divisions 92

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE

PAGES

Conditions astronomiques du globe terrestre..... 93
Volume et forme de la terre..... 94
Grandeur et position relative des continents et des océans 95
Hauteur moyenne des continents..... 97
Profondeur des océans..... 98
Limite des continents..... 99
Distribution des reliefs à la surface des continents. 100
Montagnes, chaînes de montagnes..... 102
Plateaux, plaines..... 103
Relation entre la hauteur des chaînes de montagnes et la profondeur des mers voisines..... 104

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE

Roches, différentes espèces..... 107
Minéraux constitutifs des roches..... 108
Roches sédimentaires..... 109
Origine des roches sédimentaires..... 113
Roches métamorphiques..... 113
Roches éruptives..... 116
Classification des roches éruptives..... 117
Veines et filons en général..... 121
Dykes..... 122
Veines proprement dites..... 123
Importance de l'étude des veines..... 125
Structure des terrains stratifiés..... 127
Joints, leurs causes, leur importance..... 130
Position originelle des lits sédimentaires..... 133
Plissements, synclinales, anticlinales..... 134
Dislocations, failles..... 135

PAGES

Dénudation 137
Stratification concordante et discordante 138
Mesure de l'inclinaison des lits 138
Détermination de l'âge relatif des terrains 140
Fossiles, loi relative à leur distribution dans les différents terrains 143

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

Origine des lits de tourbe 146
Lits d'organismes microscopiques 147
Coraux 147
Atolls 149
Action de l'atmosphère 149
Dunes 150
Action chimique de l'eau 151
Action mécanique de l'eau 153
Effet des plissements et de la dureté relative des lits sur les phénomènes d'érosion 156
Transport par les eaux, alluvions, deltas 157
Barres 159
Action des vagues 160
Courants océaniques 161
Action de la glace, gelée 164
Glaciers 165
Origine et cause des glaciers 165
Marche des glaciers 166
Crevasses des glaciers 166
Erosion et transport par les glaciers 168
Moraines 169
Banquises 170
Distribution de la chaleur à la surface de la terre. 171

PAGES

Variations dans les climats 172
Existence de la chaleur interne du globe 176
Etat probable de l'intérieur du globe 177
Volcans, leur structure, les produits qu'ils rejettent. 179
Laves 181
Tufs volcaniques 182
Théories des volcans 183
Eruptions ignées non volcaniques 185
Solfatares, fumerolles 186
Sources thermales, geysers 186
Métamorphisme 187
Théorie du métamorphisme 188
Effets de la contraction du globe terrestre 190
Tremblements de terre, leur nature, leurs effets ... 191
Cause des tremblements de terre 192
Origine des continents 193
Origine des chaînes de montagnes 194
Modifications des montagnes par l'érosion 194
Structure des chaînes de montagnes 196
Oscillations actuelles de la croûte terrestre 197

GÉOLOGIE HISTORIQUE

Divisions 200
Carte géologique de Québec 202
Epoque éozoïque 205
Distribution des formations éozoïques 205
Etages éozoïques 207
Roches éozoïques 207
Métamorphisme des terrains éozoïques 208
Reste organiques 208

PAGES
Minéraux utiles des terrains éozoïques..... 210
Epoque paléozoïque..... 211
Silurien et ses divisions..... 211
Cambrien et Cambro-silurien..... 212
Révolution à la fin du cambro-silurien..... 214
Silurien proprement dit..... 216
Vie silurienne..... 216
Dévonien..... 217
Pétrole..... 217
Genèse du pétrole..... 218
Vie dévonienne..... 219
Carbonifère..... 220
Origine de la houille..... 222
Agrandissement du continent américain durant le paléozoïque..... 224
Perturbations à la fin du paléozoïque..... 225
Epoque mésozoïque..... 227
Epoque cénozoïque..... 230
Epoque quaternaire, divisions..... 232
Etage glaciaire..... 233
Striage..... 233
Glacier continental..... 233
Etage Champlain..... 234
Etage récent ou des terrasses..... 237
Oscillations du continent américain durant l'époque quaternaire..... 238
L'homme..... 239

BOTANIQUE

PAGES

Définition et généralités 241
Végétal, animal, minéral 242
Divisions 244

HISTOLOGIE VÉGÉTALE

Formes des cellules 248
Incrustation 249
Protoplasme 250
Chlorophylle 251
Amidon 252
Cristaux 253
Multiplication des cellules 254
Forme et dureté des fibres 255
Rôle des fibres dans les végétaux 255
Vaisseaux laticifères 257
Trachées et vaisseaux ordinaires 257
Rôle des vaisseaux 259
Epiderme 259
Glandes et poils 262

ORGANOGRAPHIE VÉGÉTALE

Racine 264
Structure des racines 267
Rôle des racines 268
Bouturage et marcottage 269
Tige, différentes espèces 271
Rhizôme 272
Tubercules 273
Bulbes et bulbilles 273
Tiges dicotylédonées ligneuses 274
Tiges monocotylédonées ligneuses 279

PAGES

Tiges acotylédonées ligneuses 280
Tiges anomales 281
Bourgeon 282
Turion 283
Greffe 284
Feuille 285
Parties de la feuille 286
Gaines et stipules 286
Nervation 287
Découpures du limbe 290
Feuilles simples et composées 291
Structure anatomique de la feuille 292
Disposition des feuilles sur leur axe 293
Mouvements de la feuille 295
Durée des feuilles 296
Vrilles, épines, aiguillons 297
Fleur, parties essentielles, enveloppes florales 299
Types floraux 300
Bractées 301
Inflorescence 301
Calice 304
Corolle 305
Etamine, ses parties 307
Nombre et soudure 309
Pistil, carpels 310
Ovule, mode de développement 312
Insertion des verticilles floraux 314
Fruit 316
Péricarpe 316
Déhiscence des fruits 316
Classification des fruits 316

PAGES

Graine, ses parties 318
Embryon 319
Spores des acotylédones 320
Dissémination des graines 320

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Nutrition 323
Absorption 324
Circulation 325
Transpiration, respiration 326
Fonction chlorophyllienne 327
Sécrétions, excrétions, assimilation 329
Origine des éléments qui constituent les différents tissus des plantes 330
Accroissement en largeur et en hauteur des tiges ligneuses 331
Fécondation 334
Hybridation 336
Germination 336
Germination des spores des acotylédones 338

TAXONOMIE

Classification empyrique et systématique 340
Système et méthode 340
Espèce 341
Genre 342
Système de Linnée 342
Méthode des familles naturelles 345
Méthode de de Condolle 345

A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A
A

B
B
B

TABLE GÉNÉRALE

DES ESPÈCES ET DES VARIÉTÉS MINÉRALES MENTIONNÉES DANS CET OUVRAGE

A

	Pages
Actinote	65
Adulaire	69
Agate	62
Aimant	85
Albâtre	78, 82
Albite	69
Ambre	76
Améthyste	61
Amiante	65
Amphibole	64
Amphibolite	116
Anorthite	70
Anorthosite	115
Anthracite	74
Apatite	78
Ardoise	114
Argent	87
Argiles	63
Argiles plastiques	64
Argiles smectiques	64
Asbeste	65
Asphalte	76
Augite	66

B

Basalte	118
Biotite	72
Bronzite	66

C

	Pages
Calcaire	77, 111
Calcédoine	62
Carton, cuir de montagne	65
Chalcopyrite	81
Chrysoprase	62
Chrysotile	68
Conglomérat	110
Cornaline	62
Craie de Briançon	67
Crichtonite	84
Cuivre	86
Cuivre gris	81

D

Diabase	119
Diallage	66
Diamant	73
Diopside	66
Diorite	120
Doléritc	119
Dolomie	78, 112

F

Falherz	81
Feldspath	68
Felsite	115
Fer spéculaire	84
Fer titané	84

G

	Pages
Galène	80
Geyserite	63
Glaise	64
Gneiss	115
Granite	114
Graphite	73
Grenat	70
Grès	110
Gypse	81

H

Héliotrope	62
Hématite	83
Hornblende	65
Houille	74
Hydrophane	63
Hypérite	116

I

Idocrase	71
Ilménite	84

J

Jade	65
Jaspe	62
Jayet	75

K

Kaolin	63

L

Labradorite	70
Laves	120
Lépidolite	72
Liège des montagnes	65
Lignite	75
Limonite	85

M

	Pages
Magnétite	85
Marbres	77
Marnes	112
Mélaphyre	119
Ménaccanite	84
Mica	71
Micaschistes	115
Muscovite	72

O

Obsidienne	69, 120
Ocres	64, 83
Œil-de-chat	62
Oligiste	83
Oligoclase	70
Onyx	62
Opale	62
Or	87
Orthose	69

P

Pegmatite	115
Perlite	69
Pétrole	75
Pétrosilex	68, 115
Phlogopite	72
Phonolite	120
Pierre de lune	69
Pierre des amazones	69
Pierre de touche	62
Pierre lithographique	78
Pierre ollaire	67
Plasma	62
Ponce	69
Porphyre	118
Protogine	115
Pyrite	79
Pyroxène	66
Pyroxénite	116
Pyrrhotite	80

Q

Quartz	60
Quartzite	110

R

	Pages
Rétinite	69
Rubis de Bohème	61

S

Sahlite	66
Sardoine	62
Schistes	110
Sel-gemme	82
Serpentine	67
Silex	62
Spath d'Islande	78
Stéatite	67
Syénite	115

T

	Pages
Talc	67
Terre à brique	64
Terre à foulon	64
Terre de Cologne	75
Terre d'ombre	75
Tourbe	75
Trachyte	120
Trapp	119
Travertin	112
Trémolite	65
Tripoli	63
Tuf calcaire	112

W

Wollastonite	116